



TUGAS AKHIR - MN 141581

**DESAIN KONSEP *SELF-PROPELLED BACKHOE DREDGER*
UNTUK OPERASI WILAYAH SUNGAI KALIMAS
SURABAYA**

**Fajar Andinuari
NRP 4114100044**

**Dosen Pembimbing
Ir. Hesty Anita Kurniawati, M.Sc.**

**DEPARTEMEN TEKNIK PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2018**



TUGAS AKHIR - MN 141581

**DESAIN KONSEP *SELF-PROPELLED BACKHOE DREDGER*
UNTUK OPERASI WILAYAH SUNGAI KALIMAS
SURABAYA**

**Fajar Andinuari
NRP 4114100044**

**Dosen Pembimbing
Ir. Hesty Anita Kurniawati, M.Sc.**

**DEPARTEMEN TEKNIK PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2018**



FINAL PROJECT - MN 141581

**CONCEPT DESIGN OF SELF-PROPELLED BACKHOE
DREDGER FOR KALIMAS RIVER SURABAYA**

**Fajar Andinuari
NRP 4114100044**

**Supervisor
Ir. Hesty Anita Kurniawati, M.Sc.**

**DEPARTMENT OF NAVAL ARCHITECTURE
FACULTY OF MARINE TECHNOLOGY
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2018**

LEMBAR PENGESAHAN

DESAIN KONSEP *SELF-PROPELLED BACKHOE DREDGER* UNTUK OPERASI WILAYAH SUNGAI KALIMAS SURABAYA

TUGAS AKHIR

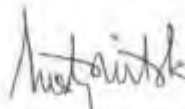
Diajukan Guna Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Bidang Keahlian Rekayasa Perkapalan – Desain Kapal
Program Sarjana Departemen Teknik Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

FAJAR ANDINUARI
NRP 4114100044


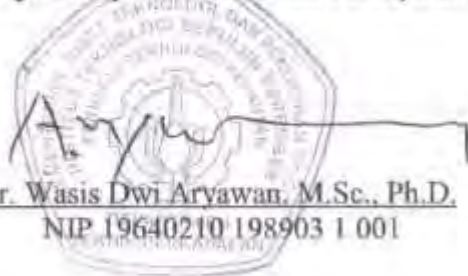
Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir:

Dosen Pembimbing



Ir. Hesty Anita Kurniawati, M.Sc.
NIP 19681212 199402 2 001

Mengetahui,
Kepala Departemen Teknik Perkapalan



Ir. Wasis Dwi Aryawan, M.Sc., Ph.D.
NIP 19640210 198903 1 001

SURABAYA, 24 JANUARI 2018

LEMBAR REVISI

DESAIN KONSEP *SELF-PROPELLED BACKHOE DREDGER* UNTUK OPERASI WILAYAH SUNGAI KALIMAS SURABAYA

TUGAS AKHIR

Telah direvisi sesuai dengan hasil Ujian Tugas Akhir
Tanggal 10 Januari 2018

Bidang Keahlian Rekayasa Perkapalan – Desain Kapal
Program Sarjana Departemen Teknik Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

FAJAR ANDINUARI
NRP 4114100044

Disetujui oleh Tim Penguji Ujian Tugas Akhir:

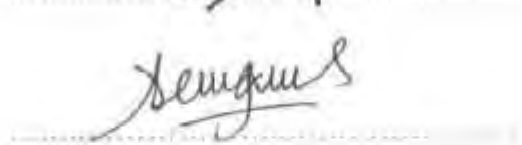
1. Ir. Wasis Dwi Aryawan, M.Sc., Ph.D.



2. Ardi Nugroho Y., S.T., M.T.



3. Teguh Putranto, S.T., M.T.



Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir:

Ir. Hesty Anita Kurniawati, M.Sc.



SURABAYA, 24 JANUARI 2018

Dipersembahkan kepada kedua orang tua saya, Suhartoyo dan Lina, serta keluarga saya atas segala dukungan dan doanya.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa karena atas karunianya Tugas Akhir ini dapat diselesaikan dengan baik.

Pada kesempatan ini Penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang membantu penyelesaian Tugas Akhir ini, yaitu:

1. Ir. Hesty Anita Kurniawati, M.Sc. selaku Dosen Pembimbing atas bimbingan dan motivasinya selama pengerjaan dan penyusunan Tugas Akhir ini;
2. Suhartoyo dan Lina selaku Ayah dan Ibu penulis atas segala doa dan dukungannya selama pengerjaan dan penyusunan Tugas Akhir ini;
3. Hasanudin, S.T., M.T. selaku Kepala Laboratorium Desain Kapal Departemen Teknik Perkapalan FTK ITS atas bantuannya selama pengerjaan Tugas Akhir ini dan atas ijin pemakaian fasilitas laboratorium;
4. Teman-teman P54 (DEADRISE) selaku kawan-kawan seangkatan dan seperjuangan selama perkuliahan;
5. Pak Bayu dan Pak Didik selaku pegawai Balai Besar Wilayah Sungai Brantas Surabaya yang telah bersedia membantu memberikan data-data pendukung dalam Tugas Akhir ini;
6. Agil, Arras, Andrey, dan Raya selaku kawan satu bimbingan Tugas Akhir yang suka duka dilalui bersama;
7. Dan semua pihak yang telah membantu penulis untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini, yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari kesempurnaan, sehingga kritik dan saran yang bersifat membangun sangat diharapkan. Akhir kata semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi banyak pihak.

Surabaya, 10 Januari 2018

Fajar Andinuari

DESAIN KONSEP *SELF-PROPELLED BACKHOE DREDGER* UNTUK OPERASI WILAYAH SUNGAI KALIMAS SURABAYA

Nama Mahasiswa : Fajar Andinuari
NRP : 4114100044
Departemen / Fakultas : Teknik Perkapalan / Teknologi Kelautan
Dosen Pembimbing : Ir. Hesty Anita Kurniawati, M.Sc.

ABSTRAK

Sungai Kalimas merupakan sungai utama di wilayah Surabaya, Jawa Timur. Selain itu, Sungai Kalimas juga berfungsi sebagai penunjang kehidupan sehari-hari warga Kota Surabaya. Fungsi kalimas sebagai sungai pelayaran kapal-kapal kecil telah lama hilang sejak matinya Pelayaran Rakyat (PELRA) di Indonesia. Namun sejak Walikota Surabaya Tri Rismaharini memimpin, telah banyak perubahan pada wajah kota Surabaya, khususnya Sungai Kalimas. Bahkan, Walikota tak segan untuk menjadikan Sungai Kalimas sebagai daya tarik wisata Kota Surabaya. Tak jarang hal itu dimanfaatkan para wisatawan untuk mencoba dengan menggunakan transportasi kapal-kapal kecil yang tersedia. Namun di balik itu, karakteristik Sungai Kalimas yang mudah terendap oleh sedimentasi bisa menjadi masalah. Dalam waktu yang berkala, pemerintah melakukan pengerukan jika sungai mulai dangkal. Tak jarang terlihat alat-alat berat sedang melakukan pengerukan guna menjaga kedalaman Sungai Kalimas. Tetapi, proses pengerukan tersebut kurang begitu efektif karena pada akhirnya hasil keruk diletakkan di bibir sungai sebelum akhirnya dibawa oleh truk menuju tempat pembuangan. Oleh karena itu, dibutuhkan kapal keruk yang benar-benar sesuai dengan karakteristik dan struktur geometris Sungai Kalimas yang diharapkan mampu melakukan pekerjaan pengerukan. Kapal keruk yang digunakan adalah jenis *Self-Propelled Backhoe Dredger* karena sangat cocok dengan struktur geometris sungai. Untuk mendapatkan ukuran utama kapal, maka dilakukan perhitungan analisis teknis menggunakan metode 256 untuk mendapatkan ukuran utama kapal yang paling efektif dan biaya pembangunan yang rendah dengan batasan-batasan yang telah ditentukan. Dari hasil analisis teknis, didapatkan ukuran utama kapal antara lain $L_{wl} = 16,62$ m, $L_{pp} = 16,25$ m, $B = 9,00$ m, $H = 2,80$ m, dan $T = 1,78$ m dengan estimasi biaya pembangunan sebesar Rp2.800.724.568.

Kata kunci: Sungai Kalimas Surabaya, pengerukan, *Self-Propelled Backhoe Dredger*.

CONCEPT DESIGN OF SELF-PROPELLED BACKHOE DREDGER FOR RIVER KALIMAS SURABAYA

Author : Fajar Andinuari
Student Number : 4114100044
Department / Faculty : Naval Architecture / Marine Technology
Supervisor : Ir. Hesty Anita Kurniawati, M.Sc.

ABSTRACT

Kalimas River is a main River in Surabaya, East Java. Other than that Kalimas River also functions as a daily life support for the citizens of Surabaya. One of Kalimas's function, as a means of transport for small boats, has long gone ever since the dismissal of PELRA (*Pelayaran Rakyat*) in Indonesia. However after Tri Rismaharini took charge as Mayor of Surabaya, there has been many changes on Surabaya's image, especially Kalimas River. Moreover, the Mayor do not hesitate to make Kalimas River as Surabaya's selling point. It is not rare to see Kalimas River is utilized by tourists for riding small boats that are available there. But beyond that, Kalimas River has a characteristic to be easily submerged by sedimentation and that may cause problems. The government periodically dredges the sedimentation in the River when it starts to be shallow. The heavy equipments are often seen doing the dredging works to maintain Kalimas River's depth. However the dredging process is not very effective because the dredged sedimentations are placed on the Riverbank before being brought by truck to the disposal site. Therefore a dredger that correspond to the Kalimas River's characteristic and geometrical structure is needed. The boat will be using the Self-Propelled Backhoe Dredger type because it corresponds to the River's geometrical structure. 256 technical analysis method is used to get the most main dimensions, technically and cost wise with the predetermined constraints. From the technical analysis, it is obtained a set of main dimensions of $L_{wl} = 16,62$ m, $L_{pp} = 16,25$ m, $B = 9,00$ m, $H = 2,80$ m, dan $T = 1,78$ m and the estimated building cost is Rp 2.800.724.568.

Keywords: Kalimas River, dredging, Self-Propelled Backhoe Dredger

DAFTAR ISI

LEMBAR REVISI.....	iv
HALAMAN PERUNTUKAN.....	v
KATA PENGANTAR.....	vi
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR SIMBOL	xv
Bab I PENDAHULUAN	1
I.1. Latar Belakang Masalah.....	1
I.2. Perumusan Masalah.....	3
I.3. Tujuan.....	4
I.4. Batasan Masalah.....	4
I.5. Manfaat.....	4
I.6. Hipotesis.....	4
Bab II STUDI LITERATUR	5
II.1. Dasar Teori.....	5
II.1.1. Tahapan Desain Kapal.....	5
II.1.2. Metode Desain Kapal	7
II.1.3. <i>Main Coefficient</i>	7
II.1.4. Hambatan Kapal	8
II.1.5. Kebutuhan Daya Penggerak Kapal.....	11
II.1.6. Berat dan Titik Berat Kapal.....	14
II.1.7. <i>Freeboard</i> (Lambung Timbul)	15
II.1.8. Stabilitas Kapal.....	16
II.2. Tinjauan Pustaka	17
II.2.1. Pekerjaan Pengerukan.....	17
II.2.2. Perencanaan Pengerukan	17
II.2.3. Klasifikasi Pengerukan	18
II.2.4. Tujuan Pengerukan	18
II.2.5. Metode Pengerukan	19
II.2.6. Siklus Waktu Pengerukan.....	19
II.2.7. Pemilihan Jenis Alat Keruk	21
II.2.8. Material Keruk.....	23
II.2.9. Lokasi Pembuangan (<i>Dumping Area</i>)	24
II.2.10. <i>Backhoe Dredger</i>	24
II.2.11. Sungai Kalimas	25
Bab III METODOLOGI	27
III.1. Metode.....	27
III.2. Proses Pengerjaan.....	27
III.2.1. Identifikasi dan Perumusan Masalah	27
III.2.2. Pengumpulan Data dan Studi Literatur	27

III.2.3.	Menentukan <i>Operational Requirements</i> dan <i>Payload</i>	27
III.2.4.	Penentuan Ukuran Utama Awal dan Kapasitas Ruang Muat	28
III.2.5.	Menghitung Analisis Teknis dan <i>Building Cost</i>	28
III.2.6.	Desain <i>Lines Plan</i> , Rencana Umum, dan 3D Model	28
III.2.7.	Kesimpulan	29
III.3.	Lokasi Pengerjaan	29
III.4.	Bagan Alir	30
Bab IV ANALISIS TEKNIS DAN ESTIMASI BIAYA PEMBANGUNAN <i>SELF-PROPELLED BACKHOE DREDGER</i>		31
IV.1.	Skenario Pengerukan.....	31
IV.2.	Analisis Perhitungan Ruang Muat dan Ukuran Utama Awal	33
IV.3.	Metode Optimisasi 256 dan Perhitungan <i>Main Coefficient</i>	34
IV.4.	Perhitungan Hambatan Kapal.....	37
IV.5.	Perhitungan Daya Yang Dibutuhkan Kapal	39
IV.6.	Penentuan Sistem Propulsi Kapal	46
IV.7.	Perhitungan Berat dan Titik Berat Kapal	47
IV.7.1.	Perhitungan Konstruksi.....	47
IV.7.2.	Perhitungan Berat dan Titik Berat Kapal.....	53
IV.8.	Perhitungan Lambung Timbul (<i>Freeboard</i>).....	59
IV.9.	Trim dan Stabilitas	60
IV.9.1.	Kondisi Kapal Kosong (Hanya Tongkang)	64
IV.9.2.	Kondisi Kapal Kosong dengan <i>Backhoe Installation</i>	65
IV.9.3.	Kondisi Kapal Kosong dengan <i>Spuds Installation</i>	66
IV.9.4.	Kondisi Kapal Kosong dengan <i>Dredging Equipments (Backhoe dan Spuds)</i>	67
IV.9.5.	Kondisi 25% <i>Full Load</i>	69
IV.9.6.	Kondisi 50% <i>Full Load</i>	70
IV.9.7.	Kondisi 75% <i>Full Load</i>	72
IV.9.8.	Kondisi <i>Full Load</i>	74
IV.10.	Prosedur Pemasangan Peralatan Keruk.....	75
IV.11.	Estimasi Biaya Pembangunan Kapal.....	76
IV.12.	Ukuran Utama <i>Self-Propelled Backhoe Dredger</i>	78
IV.13.	Desain Rencana Garis (<i>Lines plan</i>).....	79
IV.14.	Desain Rencana Umum (<i>General Arrangement</i>)	84
IV.15.	Desain Model 3D Kapal.....	86
Bab V KESIMPULAN DAN SARAN		91
V.1.	Kesimpulan.....	91
V.2.	Saran.....	92
DAFTAR PUSTAKA.....		93
Keruk Kalimas Sebelum Bangun 9 Dermaga Wisata.....		97
Antisipasi Banjir Di Surabaya, Normalisasi Kalimas Dilanjutkan.....		99
LAMPIRAN		
LAMPIRAN A DATA PENDUKUNG		
LAMPIRAN B PERHITUNGAN ANALISIS TEKNIS		
LAMPIRAN C RENCANA GARIS		
LAMPIRAN D <i>GENERAL ARRANGEMENT</i>		
LAMPIRAN E MODEL 3 DIMENSI		
BIODATA PENULIS		

DAFTAR GAMBAR

Gambar I.1 Sampah Sungai Kalimas.....	2
Gambar I.2. Wisatawan menikmati wisata Sungai Kalimas dengan Menaiki Kapal	2
Gambar I.3. Proses Pengerukan Sungai Kalimas Menggunakan Alat-alat Berat.....	3
Gambar II.1. <i>Design Spiral</i>	5
Gambar II.2. Unsur-unsur daya penggerak pada kapal	11
Gambar II.3. Siklus Pengerukan.....	20
Gambar II.4. Aktivitas pengerukan	20
Gambar II.5. <i>Backhoe Dredger</i> sedang melakukan pengerukan pantai	25
Gambar II.6. Peta Provinsi Jawa Timur, Indonesia	26
Gambar II.7. Tinjauan Lokasi Sungai Kalimas Surabaya	26
Gambar III.1. Lokasi Pengerjaan di Sungai Kalimas Surabaya	29
Gambar III.2. Bagan Alir Metodologi	30
Gambar IV.1. Proses Pemasangan Peralatan Keruk di Pelabuhan Tanjung Perak	31
Gambar IV.2. Kapal Memasuki Muara Sungai Kalimas.....	32
Gambar IV.3. Kapal Berhenti di Jembatan Petekan.....	32
Gambar IV.4. Ukuran Ruang Muat Kapal.....	33
Gambar IV.5. <i>IMSBC Code Appendix 1</i> Tentang Material Lumpur	34
Gambar IV.6. Hasil <i>Calculate Hydrostatic Maxsurf</i>	36
Gambar IV.7. Spesifikasi <i>Main Engine</i>	43
Gambar IV.8. Pandangan <i>Main Engine</i> dari Depan dan Samping	43
Gambar IV.9. Spesifikasi Genset	45
Gambar IV.10. Visualisasi Proses Operasi Kapal	46
Gambar IV.11. Sketsa <i>Construction Profile</i>	51
Gambar IV.12. Pembagian <i>Block</i> Kapal Sebagai Dasar Perhitungan Pos per Pos.....	54
Gambar IV.13. <i>Backhoe</i> Yang Sering Digunakan Untuk Mengeruk Sungai Kalimas.....	56
Gambar IV.14. Spesifikasi Komatsu PC 200-7	56
Gambar IV.15. Pemilihan <i>Surface</i>	61
Gambar IV.16. Cara Memasukkan Nilai Ukuran Utama Model (L, B, dan H)	61
Gambar IV.17. Cara Memasukkan Nilai Sarat Kapal	62
Gambar IV.18. Model Dibuka di <i>Maxsurf Stability Enterprise</i>	62
Gambar IV.19. Tabel <i>Loadcase Window</i>	63
Gambar IV.20. Menu <i>Start Analysis</i> Untuk Memulai Perhitungan.....	63
Gambar IV.21. <i>Input</i> Data Beban Kondisi Kapal Kosong Tanpa <i>Dredging Equipments</i>	64
Gambar IV.22. Kondisi Trim Kapal Kosong dengan <i>Backhoe Installation</i>	66
Gambar IV.23. Kondisi Trim Kapal Kosong dengan <i>Backhoe Installation</i>	67
Gambar IV.24. <i>Input</i> Data Beban Kondisi Kapal Kosong dengan <i>Dredging Equipments</i>	67
Gambar IV.25. Kondisi Trim Kapal Kosong dengan <i>Dredging Equipments</i>	68
Gambar IV.26. <i>Input</i> Data Beban Kondisi 25% <i>Full Load</i>	69
Gambar IV.27. Kondisi Trim Kapal dengan 25% <i>Full Load</i>	70
Gambar IV.28. <i>Input</i> Data Beban Kondisi 50% <i>Full Load</i>	71
Gambar IV.29. Kondisi Trim Kapal dengan 50% <i>Full Load</i>	72
Gambar IV.30. <i>Input</i> Data Beban Kondisi 75% <i>Full Load</i>	72
Gambar IV.31. Kondisi Trim Kapal dengan 75% <i>Full Load</i>	73

Gambar IV.32. <i>Input Data Beban Kondisi Full Load</i>	74
Gambar IV.33. <i>Kondisi Trim Kapal kondisi Full Load</i>	75
Gambar IV.34. <i>Bidang Garis Air</i>	80
Gambar IV.35. <i>Bidang Tengah Kapal</i>	80
Gambar IV.36. <i>Bidang Diametral Kapal</i>	81
Gambar IV.37. <i>Model 3D Lambung Kapal</i>	81
Gambar IV.38. <i>Menu Design Grid</i>	82
Gambar IV.39. <i>Tampilan Dialog Box pada Design Grid</i>	82
Gambar IV.40. <i>Langkah-langkah Mengatur Station</i>	83
Gambar IV.41. <i>Langkah-langkah Mengatur Buttocks</i>	83
Gambar IV.42. <i>Langkah-langkah Mengatur Waterlines</i>	83
Gambar IV.43. <i>Input Data Sent Line</i>	84
Gambar IV.44. <i>Rencana Konstruksi pada Profile View</i>	85
Gambar IV.45. <i>Perencanaan Tangki Bahan Bakar</i>	85
Gambar IV.46. <i>Hatchway</i>	86
Gambar IV.47. <i>Lembar Kerja Maxsurf Modeler Advanced</i>	86
Gambar IV.48. <i>Penambahan Control Point</i>	87
Gambar IV.49. <i>Model 3D Lambung Kapal</i>	87
Gambar IV.50. <i>Contoh Proses Penggabungan Komponen-komponen Yang Telah Dibuat</i>	88
Gambar IV.51 <i>Hasil Model 3D Tampak Perspektif Depan</i>	88
Gambar IV.52 <i>Hasil Model 3D Tampak Perspektif Belakang</i>	89

DAFTAR TABEL

Tabel II.1. <i>Bow Shape Coefficient</i>	9
Tabel II.2. <i>Shape coefficient of hull surface facing the wind</i>	10
Tabel II.3. <i>Coefficient of height from waterline to center of area facing the wind</i>	10
Tabel II.4. Harga <i>li</i> Berdasarkan Tipe Komponen Sistem Penggerak.....	13
Tabel II.5. Nilai K.....	16
Tabel II.6. Jenis Alat Keruk Berdasarkan Jenis Tanah.....	21
Tabel II.7. Pemilihan Alat Keruk Berdasarkan Kemampuan Alat	22
Tabel II.8. Jenis-jenis Material Keruk	23
Tabel IV.1. Rekapitulasi Data Yang Dibutuhkan Dalam Perhitungan Ruang Muat	33
Tabel IV.2. Rekapitulasi Ukuran Utama Awal Kapal	34
Tabel IV.3. Variabel Pendukung Metode 256	35
Tabel IV.4. Variasi Penambahan Sebesar X %	35
Tabel IV.5. Optimisasi Metode 256	35
Tabel IV.6. Hasil Rekapitulasi <i>Main Coefficient</i> dari <i>Maxsurf Modeler Advanced</i>	36
Tabel IV.7. <i>Bow Shape Coefficient</i>	37
Tabel IV.8. <i>Shape coefficient of hull surface facing the wind</i>	38
Tabel IV.9. <i>Coefficient of height from waterline to center of area facing the wind</i>	38
Tabel IV.10. Rekapitulasi Nilai Variabel Hambatan.....	39
Tabel IV.11. Harga <i>li</i> Berdasarkan Jenis Penggunaan Komponen Sistem Penggerak.....	41
Tabel IV.12. Nilai Variabel Yang Digunakan Untuk Menghitung Elemen <i>Horse Power</i>	42
Tabel IV.13. Rekapitulasi Hasil Perhitungan <i>Horse Power</i>	42
Tabel IV.14. Rekapitulasi Data Untuk Menghitung Daya <i>Winch</i>	45
Tabel IV.15. Hasil Rekapitulasi Perhitungan Daya <i>Winch</i>	45
Tabel IV.16. Spesifikasi <i>Marine Gear</i> pada <i>Main Engine</i>	46
Tabel IV.17. <i>Distribution factors C_F</i>	48
Tabel IV.18. Nilai Variabel Pembebanan.....	49
Tabel IV.19. Nilai P _B	49
Tabel IV.20. Nilai Pembebanan P ₀ dan P ₀₁	50
Tabel IV.21. Nilai Variabel Tebal Pelat Alas.....	51
Tabel IV.22. Rekapitulasi Nilai Tebal Pelat Alas	52
Tabel IV.23. Rekapitulasi Perhitungan Modulus Pada Tiap <i>Block</i>	53
Tabel IV.24. Pemilihan Profil.....	53
Tabel IV.25. Rekapitulasi Perhitungan Pada <i>Block 1</i>	54
Tabel IV.26. Rekapitulasi Perhitungan Pada <i>Block 2</i>	55
Tabel IV.27. Rekapitulasi Perhitungan Pada <i>Block 3</i>	55
Tabel IV.28. Perhitungan Berat dan Titik Berat Bangunan Atas	56
Tabel IV.29. Rekapitulasi Berat dan Perencanaan Titik Berat <i>Backhoe Module</i>	57
Tabel IV.30. Rekapitulasi Berat dan Titik Berat <i>Crew</i>	58
Tabel IV.31. Nilai K Berdasarkan Jenis Tongkang	60
Tabel IV.32. Rekapitulasi Pemenuhan Kriteria Kondisi Kapal Kosong Tanpa <i>Dredging Equipments</i>	64
Tabel IV.33. Hasil Rekapitulasi Pemenuhan Trim Kondisi Kapal Kosong Tanpa <i>Dredging Equipments</i>	65

Tabel IV.34. Hasil Perhitungan Trim Kondisi Kapal Kosong dengan <i>Backhoe Installation</i> ...	65
Tabel IV.35. Hasil Perhitungan Trim Pada Kondisi Kapal Kosong dengan <i>Spuds Installation</i>	66
Tabel IV.36. Rekapitulasi Pemenuhan Kriteria Kondisi Kapal Kosong dengan <i>Dredging Equipments</i>	68
Tabel IV.37. Hasil Rekapitulasi Pemenuhan Trim Kondisi Kapal Kosong dengan <i>Dredging Equipments</i>	68
Tabel IV.38. Rekapitulasi Pemenuhan Kriteria Kondisi 25% <i>Full Load</i>	69
Tabel IV.39. Hasil Rekapitulasi Pemenuhan Trim Kondisi 25% <i>Full Load</i>	70
Tabel IV.40. Rekapitulasi Pemenuhan Kriteria Kondisi 50% <i>Full Load</i>	71
Tabel IV.41. Hasil Rekapitulasi Pemenuhan Trim Kondisi 50% <i>Full Load</i>	71
Tabel IV.42. Rekapitulasi Pemenuhan Kriteria Kondisi 75% <i>Full Load</i>	73
Tabel IV.43. Hasil Rekapitulasi Pemenuhan Trim Kondisi 75% <i>Full Load</i>	73
Tabel IV.44. Rekapitulasi Pemenuhan Kriteria Kondisi <i>Full Load</i>	74
Tabel IV.45. Hasil Rekapitulasi Pemenuhan Trim Kondisi <i>Full Load</i>	75
Tabel IV.46. Perhitungan Harga Pelat Kapal	76
Tabel IV.47. Perhitungan Harga Komatsu PC 200-7	77
Tabel IV.48. Perhitungan Harga <i>Square Piles</i>	77
Tabel IV.49. Perhitungan Harga <i>Main Engine</i>	77
Tabel IV.50. Perhitungan Harga Generator Set.....	78
Tabel IV.51. Perhitungan Harga Elektroda	78
Tabel IV.52. Ukuran Utama Kapal.....	79

DAFTAR SIMBOL

BAB I

PENDAHULUAN

I.1. Latar Belakang Masalah

Sungai Kalimas adalah sungai yang terletak di wilayah kota Surabaya. Sungai Kalimas juga merupakan komponen penting dalam pertumbuhan dan perkembangan masyarakat kota Surabaya. Sungai Kalimas pernah memiliki pelabuhan besar sejak zaman Majapahit pada abad 14 hingga masa kependudukan Belanda tahun 1746. Namun, pada tahun 1910 pemindahan pelabuhan ke Tanjung Perak dilakukan karena kendala bongkar muat. Pasca penurunan aktivitas yang terjadi seiring dengan mode transportasi yang lebih baik, Pelabuhan Kalimas berganti nama menjadi Pelabuhan Pelayaran Rakyat (PELRA). Sayangnya, saat ini aktivitas Pelayaran Rakyat sangat susut baik karena faktor kemajuan teknologi maupun lingkungan pendukung.

Seiring berjalannya waktu, Kalimas lebih sering dianggap simbol sampah karena memang masyarakat Surabaya sendiri masih banyak yang menjadikan sungai Kalimas sebagai tempat sampah. Hanya saja saat Ibu Walikota Tri Rismaharini menjabat, setidaknya sungai Kalimas dapat kembali bersih namun masih relatif. Selain sampah, masalah lainnya adalah karakteristik struktur tanah sungai kalimas yang mudah tersedimentasi juga dapat menyebabkan volume tampung air jadi turun. Dari kedua masalah tersebut, lingkungan pendukung yang salah akan menyulitkan penghidupan kembali Pelayaran Rakyat di Sungai Kalimas tanpa adanya solusi yang tepat. Proses pengerukan sungai Kalimas merupakan salah satu upaya pemerintah Surabaya untuk memperbaiki kondisi sungai. Fungsi dari pengerukan tersebut adalah bermacam-macam, antara lain untuk membersihkan sampah, memperbaiki sistem drainase kawasan Surabaya, mereklamasi kedalaman air sungai, dll. Namun masih ada fungsi lain yang dapat menghidupkan Pelayaran Rakyat sebagai daya wisata di Kalimas, yaitu perbaikan jalur sungai untuk kapal-kapal kecil yang melintas. Karena dengan kondisi Kalimas kini yang penuh dengan sampah dan dangkal, akan sangat merugikan performa kapal-kapal kecil yang melintas.

Sampah juga merupakan masalah yang dapat menyebabkan berbagai dampak. Kebiasaan masyarakat di sekitar Sungai Kalimas yang gemar membuang sampah atau bahkan limbah ke sungai. Hal itu yang menyebabkan sungai terkadang mudah meluap saat memasuki musim hujan. Karena dampak tersebut, tak jarang saat terjadi hujan yang lebat Sungai Kalimas

meluap dan menyebabkan banjir di area sekitarnya. Gambar I.1 merupakan gambaran sampah yang mengapung di permukaan Sungai Kalimas.



Sumber: *Pressreader*, 2017
Gambar I.1 Sampah Sungai Kalimas

Namun akhir-akhir ini, Sungai Kalimas sedikit memiliki wajah baru. Sejak kepemimpinan Walikota Ibu Tri Rismaharini, pembersihan sampah dan pembaharuan wajah Sungai Kalimas dilakukan secara berkala. Walaupun begitu, bukan berarti sampah telah hilang sepenuhnya. Pembaharuan itu juga tak lepas dari tujuan Walikota untuk menjadikan Sungai Kalimas sebagai daya tarik wisata Kota Surabaya.

Pembaharuan perlahan dilakukan sepanjang Sungai Kalimas khususnya di daerah yang dapat dijadikan daya tarik wisata sungai, seperti daerah Monkasel (Monumen Kapal Selam), daerah Taman Prestasi, dsb. Untuk menikmati wisata air pemerintah maupun pihak-pihak swasta menyediakan fasilitas kapal-kapal kecil sebagai transportasinya. Hal tersebut juga ternyata memiliki daya tarik khusus kepada para wisatawan lokal maupun domestik. Seperti pada Gambar I.2 menunjukkan wisatawan menikmati wisata air Kalimas.



Sumber: *Google Images*, 2017
Gambar I.2. Wisatawan menikmati wisata Sungai Kalimas dengan Menaiki Kapal

Tak jarang banyak kapal-kapal kecil yang sengaja disewakan untuk menjadi fasilitas transportasi sungai. Namun, terdapat masalah lain yang dapat menghambat kinerja kapal-kapal kecil tersebut, yakni sedimentasi sungai yang mudah mengendap. Sedimentasi jelas dapat mempengaruhi *performance* kapal. Semakin tinggi sedimentasi maka semakin terbatas ruang gerak kapal. Pemerintah pun juga mengambil langkah pengerukan secara berkala untuk menjaga tingkat volume sedimentasi sungai. Sehingga tak jarang terlihat alat-alat berat sedang mengeruk area sungai, seperti pada Gambar I.3.



Sumber: Antarajatim, 2017

Gambar I.3. Proses Pengerukan Sungai Kalimas Menggunakan Alat-alat Berat

Dalam melakukan proses pengerukan yang biasa dilakukan pemerintah adalah dengan menggunakan alat yang beroperasi di atas tongkang. Memang tidak terlalu masalah, namun waktu yang dibutuhkan akan sangat lama dan dapat merugikan dari segi ekonomis jika metode tersebut dipakai untuk cakupan area yang luas. Akan sangat memudahkan dan mempercepat proses pengerukan apabila terdapat sarana tepat guna untuk implementasinya. Maka dari itu, penulis mencoba untuk mendesain kapal keruk yang cocok, khusus, dan tepat guna untuk operasi Sungai Kalimas saat ini.

I.2. Perumusan Masalah

1. Bagaimana memperoleh ukuran utama *Dredger Vessel* untuk operasi di wilayah sungai Kalimas ?
2. Berapa kapasitas keruk yang dapat ditampung oleh *Dredger Vessel* ?
3. Bagaimana menentukan sistem propulsi yang tepat untuk operasi *Self-Propelled Backhoe Dredger* ?
4. Bagaimana memperoleh Rencana Garis, *General Arrangement* dan 3D model *Dredger Vessel* ?
5. Bagaimana menghitung biaya pembangunan *Self-Propelled Backhoe Dredger* ?

I.3. Tujuan

Tujuan dari dibuatnya Proposal Tugas Akhir ini antara lain:

1. Memperoleh ukuran utama *Dredger Vessel* untuk operasi di wilayah sungai Kalimas.
2. Memperoleh kapasitas keruk yang dapat ditampung oleh kapal.
3. Menentukan sistem propulsi yang tepat untuk operasi *Self-Propelled Backhoe Dredger*.
4. Memperoleh Rencana Garis, *General Arrangement* dan 3D model *Dredger Vessel*.
5. Menghitung biaya pembangunan *Self-Propelled Backhoe Dredger*.

I.4. Batasan Masalah

Adapun batasan-batasan masalah dalam Proposal Tugas Akhir ini antara lain:

1. Desain meliputi ukuran, *linesplan*, *general arrangement*, dan model 3D kapal.
2. Masalah yang dibahas berupa analisis teknis dan ekonomis (*building cost*).
3. Perhitungan konstruksi kapal diabaikan.

I.5. Manfaat

1. Membantu pembersihan sampah, pengerukan, dan reklamasi sungai Kalimas Surabaya.
2. Mendukung inovasi desain *Dredger Vessel* yang cocok agar dapat dioperasikan di sungai seluruh Indonesia.
3. Mendukung program pariwisata sungai Kalimas Surabaya.
4. Mendapatkan desain *Self-Propelled Backhoe Dredger Vessel* yang sesuai dengan karakteristik sungai Kalimas Surabaya.

I.6. Hipotesis

Dengan memilih kapal keruk jenis *Backhoe Dredger* akan dapat membantu meningkatkan kinerja operasi pengerukan di Sungai Kalimas.

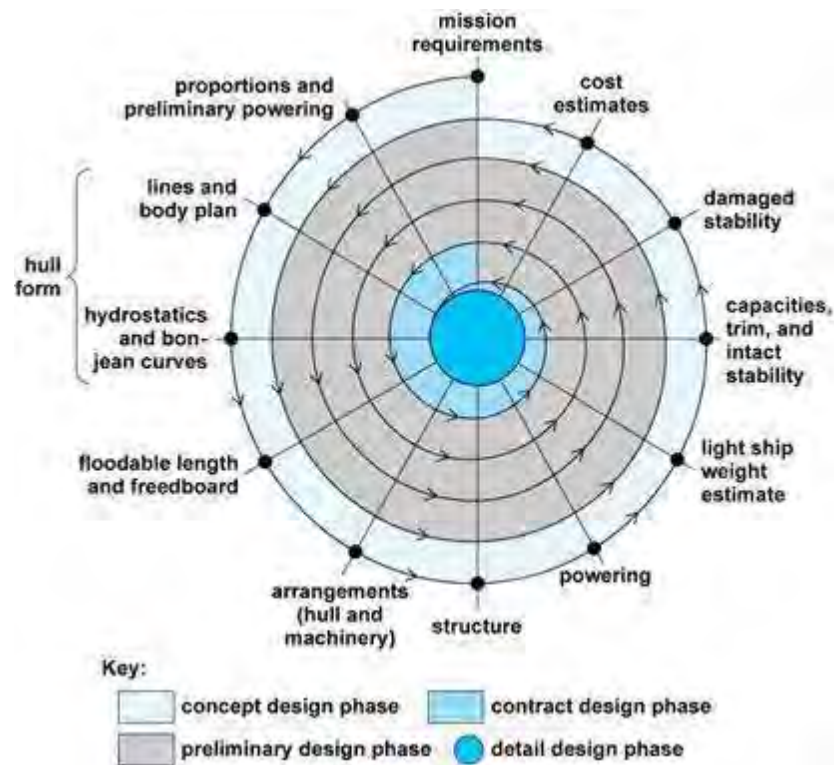
BAB II

STUDI LITERATUR

II.1. Dasar Teori

II.1.1. Tahapan Desain Kapal

Dalam mendesain sebuah kapal, dibutuhkan tahapan-tahapan yang harus dilakukan agar jelas dan sistematis. Tahapan-tahapan yang dilakukan juga bukan hanya satu tahap saja, tetapi harus dilakukan berulang-ulang agar mendapatkan hasil yang baik. Seperti pada Gambar II.1. tentang *Design Spiral* yang di dalamnya terdapat proses-proses yang harus dilalui seorang desainer dalam mendesain kapal.



Gambar II.1. *Design Spiral*
(Sumber: Access Science, 2011)

Terdapat empat tahapan dalam *Design Spiral* ini, antara lain:

1. *Concept Design*

Tahapan paling awal pada proses desain yang memiliki fungsi untuk menerjemahkan permintaan pemilik kapal sebagai ketentuan dasar desain kapal. Karena bernama konsep, rumus yang dipakai bisa memakai suatu pendekatan, kurva, atau

pengalaman-pengalaman sebagai perkiraan awal yang bertujuan untuk mendapatkan estimasi biaya konstruksi, biaya permesinan kapal, biaya peralatan kapal, dan biaya perlengkapan kapal. Hasil dari tahap desain ini berupa ukuran utama kapal, dan gambar secara umum.

2. *Preliminary Design*

Tahapan ini adalah tahap pendalaman teknis yang akan memberikan detail lebih banyak daripada konsep desain. Adapun yang dimaksud detail adalah hal-hal yang memberikan dampak signifikan pada kapal seperti pendekatan awal biaya pembangunan kapal yang dibutuhkan. Yang dilakukan dalam tahap ini antara lain perhitungan kekuatan memanjang kapal, pengembangan bagian *midship* kapal, perhitungan yang lebih akurat untuk berat dan titik berat, lambung timbul, stabilitas, dll. Dan pada tahap ini pula dilakukan pemeriksaan terhadap *performance* kapal.

3. *Contract Design*

Tujuan dari *contract design* adalah pembuatan dokumen secara akurat dengan mendeskripsikan kapal yang akan dibuat. Pada tahap ini masih memungkinkan dilakukan perbaikan hasil pada tahap sebelumnya yaitu *preliminary design* untuk mendapatkan hasil yang lebih akurat. Lalu dokumen tersebut digunakan sebagai dasar dalam kontrak pembangunan kapal antara pemilik kapal dengan pihak galangan kapal. Terdapat komponen-komponen dari *contract specification* dan *contract drawing* antara lain *arrangement drawing*, *structural drawing*, *structural details*, *machinery selection*, *propulsion arrangement*, dll. Komponen-komponen di tahap ini sering juga disebut dengan *key plan drawing*. *Key plan drawing* harus benar-benar dapat merepresentasikan fitur-fitur kapal secara detail sesuai dengan permintaan pemilik kapal.

4. *Detail Design*

Merupakan tahap terakhir dari siklus desain. Di tahap ini dilakukan pengerjaan yang lebih mendetail dari *production drawing* dan *key plan drawing*. Tahap ini mencakup semua yang dibutuhkan meliputi perhitungan dan rencana untuk membangun suatu kapal. Selain itu, pada tahap ini diberikan pula petunjuk mengenai instalasi dan detail konstruksi.

II.1.2. Metode Desain Kapal

Terdapat banyak metode yang digunakan dalam mendesain kapal. Berikut penjelasan tentang beberapa metode yang digunakan dalam Tugas Akhir ini:

1. *Set Based Design*

Set Based Design adalah salah satu jenis metode desain kompleks yang juga digunakan dalam dunia perkapalan. Metode ini menggunakan sistem alternatif secara paralel, dimana melihat sesuatu yang jelas bernilai dan mengeliminasi yang dianggap tidak menguntungkan. Maksud dari sistem paralel adalah dilakukannya optimisasi terhadap suatu hal yang ditinjau. Kemudian dari banyak nilai optimisasi tersebut, akan diambil nilai yang benar-benar efisien. Dalam dunia perkapalan salah satu metode *Set Based Design* yang sering dipakai adalah metode 256 untuk mendapatkan hasil teroptimal yang mempengaruhi performa kapal dan *cost* pada pembangunan kapal.

2. Metode 256

Metode ini biasa dipakai untuk mendapatkan suatu ukuran utama awal yang optimum berdasarkan suatu faktor yang ditinjau (faktor tersebut bisa berupa ukuran mana yang paling ekonomis, paling efisien, paling stabil, dll). Metode ini dilakukan setelah mendapatkan nilai-nilai *main coefficient* (akan dijelaskan di sub bab II.1.3). Unsur-unsur dasar yang dibutuhkan dalam melakukan metode ini antara lain nilai *Froude Number* (F_n), L/B , B/T , dan T/H . Setelah data-data tersebut tersedia, langkah selanjutnya adalah mengoptimasi ukuran utama awal dengan persentase 1,667% dan 5% batas atas dan batas bawah. Sehingga nantinya akan didapatkan sebanyak 256 data ukuran utama. Dengan melalui tahap-tahap perhitungan setelahnya, satu dari sekian banyak data ukuran utama tersebut akan dipilih berdasarkan faktor-faktor yang ditinjau.

II.1.3. *Main Coefficient*

Komponen-komponen berikutnya setelah didapatkan ukuran utama awal kapal adalah *main coefficient* yang meliputi *Froude Number* (F_n), *Block Coefficient* (C_b), *Prismatic Coefficient* (C_p), *Midship Coefficient* (C_m), dan *Waterplane Coefficient* (C_{wp}). Berikut penjelasan masing-masing komponen tersebut:

1. *Froude Number* (F_n)

Angka *Froude* merupakan perbandingan antara kecepatan kapal dengan panjang kapal. Angka *Froude* dapat mendefinisikan kapal mana saja yang termasuk kapal lambat, kapal sedang, ataupun kapal cepat tergantung unsur-unsur yang dijelaskan di atas.

Formula *Froude Number* menurut (Lewis, 1988):

$$F_n = \frac{v}{\sqrt{g \times Lwl}} \quad (II.1)$$

2. *Block Coefficient* (C_b)

Koefisien blok adalah perbandingan volume badan kapal yang tercelup terhadap volume balok yang menyelubunginya badan kapal yang tercelup.

$$C_b = \frac{\nabla}{Lwl \times B \times T} \quad (II.2)$$

3. *Prismatic Coefficient* (C_p)

Koefisien prismatic adalah perbandingan volume badan kapal yang tercelup dengan volume prisma dengan penampang sebesar gading terbesar dan panjang.

$$C_p = \frac{\nabla}{Lwl \times A_m} \quad (II.3)$$

4. *Midship Coefficient* (C_m)

Koefisien *midship* adalah perbandingan antara luasan gading terbesar dengan luasan persegi panjang yang melingkupinya.

$$C_m = \frac{A_m}{B \times T} \quad (II.4)$$

5. *Waterplane Coefficient* (C_{wp})

Koefisien bidang air merupakan perbandingan antara luasan bidang air dengan luasan persegi panjang yang melingkupinya.

$$C_{wp} = \frac{A_{wp}}{Lwl \times B} \quad (II.5)$$

II.1.4. Hambatan Kapal

Hambatan kapal gaya yang bekerja pada kapal berlawanan arah dengan arah laju kapal yang berwujud fluida. Hambatan pada kapal perlu diketahui agar dapat mengetahui kebutuhan daya mesin yang dibutuhkan kapal. Banyak hal yang mempengaruhi nilai hambatan antara lain ukuran utama kapal, kecepatan kapal, karakteristik badan kapal di bawah sarat, dll. Secara garis besar, hambatan kapal terbagi menjadi tiga yakni hambatan gesek (*frictional resistance*),

hambatan akibat gelombang (*wave-making resistance*), dan hambatan udara (*air resistance*). Karena pada Tugas Akhir ini kapal yang digunakan termasuk ke dalam jenis tongkang, maka rumus hambatan yang digunakan adalah dari *Korean Register*.

1. *Frictional Resistance*

Menurut *Korean Register*, rumus yang digunakan untuk menghitung hambatan gesek yakni:

$$R_f = 0,000136 \times F_1 \times A_1 \times v^2 \quad (\text{II.6})$$

Dimana,

F_1 = *Hull surface condition coefficient*, (0,8)

A_1 = *Surface area below waterline* (m²)

v = *Velocity* (knots)

2. *Wave Making Resistance*

Merupakan hambatan akibat gelombang air yang timbul saat kapal bergerak. *Korean Register* merumuskan hambatan akibat gelombang pada tongkang sebagai berikut:

$$R_w = 0,014 \times C \times F_2 \times A_2 \times v^2 \quad (\text{II.7})$$

Dimana,






C = *Resistance coefficient of rough sea*, (1,2)

F_2 = *Bow shape coefficient as obtained from Tabel II.1.*

A_2 = *Hull cross sectional area below the waterline* (m²)

v = *Velocity* (knots)

Tabel II.1. *Bow Shape Coefficient*

Bow shape	F_2
	0.2/0.4
	0.3/0.5
	0.4/0.6
	0.5/0.7
	0.8/1.0

Sumber: *Korean Register Rules*, 2010

3. Air Resistance

Merupakan hambatan yang diakibatkan oleh udara. *Korean Register* merumuskan hambatan udara pada tongkang sebagai berikut:

$$Ra = 0,0000195 \times Cs \times C_H \times A3 \times (v_w + v)^2 \quad (\text{II.8})$$

Dimana,

C_s = Shape coefficient of hull surface facing the wind as obtained from Tabel II.2.

C_H = Coefficient of height from waterline to center of area facing the wind as obtained from Tabel II.3.

$A3$ = Total cross sectional area exposed to wind above waterline (m²)

v_w = wind velocity at service area (knots)

Tabel II.2. Shape coefficient of hull surface facing the wind

Shape of hull surface	C_s
spherical	0.4
cylindrical	0.5
leg brace	0.5
leg cord	0.7
large flat hull/deck house	1.0
clustered deck house	1.1
latticed structure	1.25
crane, beam, etc.	1.5

Sumber: *Korean Register Rules*, 2010

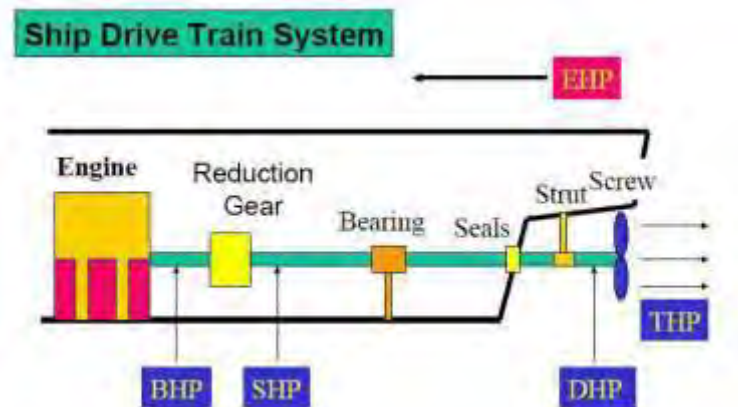
Tabel II.3. Coefficient of height from waterline to center of area facing the wind

Height from waterline (m)	C_H
0 - 15.3	1.0
15.3 - 30.5	1.1
30.5 - 46.0	1.2
46.0 - 61.0	1.3
61.0 - 76.0	1.37
76.0 - 91.5	1.43
91.5 - 106.5	1.48
106.5 - 122.0	1.52
122.0 - 137.0	1.56
137.0 - 152.5	1.60
152.5 - 167.5	1.63
167.5 - 183.0	1.67
183.0 - 198.0	1.70
198.0 - 213.5	1.72
213.5 - 228.5	1.75
228.5 - 244.0	1.77
244.0 - 256.0	1.79
more than 256	1.80

Sumber: *Korean Register Rules*, 2010

II.1.5. Kebutuhan Daya Penggerak Kapal

Untuk menggerakkan suatu kapal dibutuhkan sebuah sistem penggerak yang dapat membuat kapal bergerak maju. Macam dari sistem penggerak kapal sangatlah bervariasi, baik itu sistem penggerak dengan bantuan mesin maupun tanpa bantuan mesin, namun sampai saat ini sistem penggerak dengan bantuan mesin masih dinilai sebagai sistem yang paling efisien dalam mengoperasikan kapal-kapal niaga. Agar kapal dapat bergerak sesuai dengan kecepatan yang diinginkan maka perlu untuk disesuaikan dengan kapasitas dan daya dari mesin penggerak utama (*main engine*). Oleh karena itu diperlukannya perencanaan dan perhitungan terhadap kebutuhan daya penggerak kapal. Secara garis besar perhitungan kebutuhan daya penggerak kapal dapat dibagi menjadi beberapa komponen daya seperti pada skema di bawah ini:



Gambar II.2. Unsur-unsur daya penggerak pada kapal

Seperti dilihat pada Gambar II.2. , kebutuhan daya mesin penggerak utama (*break horse power*) dapat dicari setelah melakukan perhitungan komponen daya yang ada sebelumnya secara beruntun. Berikut penjabaran dari masing-masing komponen daya menurut (Lewis, 1988):

1. *Effective Horse Power* (EHP)

EHP merupakan daya yang dibutuhkan untuk melawan hambatan yang terjadi pada kapal sehingga kapal dapat bergerak sesuai dengan kecepatan yang diinginkan. Berikut ini adalah perhitungan untuk menentukan harga EHP:

$$EHP = RT \times Vs \quad (II.9)$$

Dimana:

EHP = *Effective Horse Power* (HP) / (kW)

RT = Hambatan total kapal (kN)

Vs = Kecepatan dinas kapal (m/s)

2. *Delivery Horse Power (DHP)*

DHP merupakan daya yang sampai di baling-baling (*propeller*). Terdapat penambahan daya yang dibutuhkan yang diakibatkan oleh adanya pengurangan dari efisiensi lambung, efisiensi relatif-rotatif, dan *open water efficiency*. Adapun perhitungan yang digunakan dalam menentukan harga DHP seperti berikut:

$$DHP = EHP/\eta_D \quad (II.10)$$

Dimana:

$EHP = \text{Effective Horse Power (HP) / (kW)}$

$\eta_D = \text{Efisiensi baling-baling (propeller efficiency)}$

$$\eta_D = \eta_H \times \eta_R \times \eta_o$$

- $\eta_H = \text{Efisiensi lambung (hull efficiency)}$

$$\eta_H = (1 - t)/(1 - w) \quad (II.11)$$

Dimana:

$w = \text{Wake friction}$

$w = 2 \times C_B^5(1 - C_B) + 0.04$ untuk kapal dengan *twin screw*

$t = \text{Thrust deduction}$

$t = 0.70 w + 0.06$ untuk kapal dengan *twin screw*

- $\eta_R = \text{Efisiensi relatif-rotatif (relative-rotative efficiency)}$

$$\eta_R = 0.9737 + 0.111 (C_P - 0.0225 LCB) + (-0.06325 P/D) \quad (II.12)$$

Dimana:

$P/D = \text{Pitch ratio}$

$LCB = \text{Panjang terhadap titik apung}$

- $\eta_o = \text{Open water efficiency}$

3. *Shaft Horse Power (SHP)*

SHP merupakan daya yang dibutuhkan setelah melewati *stern tube* dan *bearing*. Terdapat pengurangan daya akibat adanya penurunan efisiensi *stern tube* dan *bearing*. Adapun perhitungan yang digunakan untuk menentukan besaran daya SHP:

$$SHP = DHP/\eta_s\eta_B \quad (II.13)$$

Dimana:

$DHP = \text{Delivery Horse Power (HP) / (kW)}$

$\eta_s \eta_B = \text{Efisiensi stern tube dan bearing}$

$\eta_s \eta_B = 0.98$, untuk peletakan *main engine* di bagian belakang kapal

$\eta_s \eta_B = 0.97$, untuk peletakan *main engine* di bagian tengah kapal

4. *Break Horse Power (BHP)*

BHP merupakan daya yang dibutuhkan oleh mesin penggerak utama yang telah melewati sistem transmisi. Daya BHP yang dibutuhkan lebih besar dari SHP akibat adanya pengurangan daya yang diakibatkan pengurangan efisiensi transmisi. Untuk mendapatkan harga BHP dapat ditentukan dengan perhitungan berikut:

$$BHP = SHP / \eta_T \quad (II.14)$$

Dimana:

$BHP = \text{Break Horse Power (HP)} / (\text{kW})$

$\eta_T = \text{Transmission efficiency}$

$$\eta_T = \Sigma (1 - l_i)$$

l_i = Harga koefisien terhadap penggunaan komponen sistem penggerak dapat dilihat pada Tabel II.4.

Tabel II.4. Harga l_i Berdasarkan Tipe Komponen Sistem Penggerak

Tipe Penggunaan Komponen Sistem Penggerak	Harga l_i
<i>Reduction Gear</i>	0,010
<i>Thrust Bearing</i>	0,005
<i>Reversing Gear</i>	0,010

5. *Break Horse Power Maximum Continous Rating (BHP_{MCR})*

MCR merupakan *margin* pada kebutuhan daya mesin penggerak utama (BHP) yang disebabkan oleh penambahan adanya *power design margin* yang merupakan *margin* penambahan akibat perencanaan kebutuhan daya mesin yang masih banyak menggunakan pendekatan, dan *power service margin* mengingat mesin akan mengalami penurunan performa seiring waktu penggunaannya. MCR juga digunakan sebagai daya yang digunakan dalam pemilihan *main engine*. Berikut merupakan tahapan untuk mendapatkan harga MCR:

$$MCR = BHP(1 + M_D) / (1 - M_S) \quad (II.15)$$

Dimana:

$M_D = \text{Power design margin}$

$$M_D = 3 - 5 \%$$

$M_S = \text{Power service margin}$

$$M_S = 15 - 25 \%$$

II.1.6. Berat dan Titik Berat Kapal

1. Berat *Lightweight Tonnage* (LWT)

Perhitungan Berat dan Titik Berat Kapal Kosong pada Tugas Akhir ini menggunakan perhitungan pos per pos. Perhitungan pos per pos adalah perhitungan untuk mendapatkan nilai berat dan titik berat pada kondisi kapal kosong. Dimana dalam satu kapal dibagi menjadi beberapa bagian blok / pos per pos (biasanya panjang bloknnya disesuaikan dengan panjang baja di pasaran) lalu semua komponen yang ada di tiap blok akan dihitung (hanya mencakup *Lightweight* saja). Hasil dari perhitungan pos per pos ini adalah berupa berat, LCG, dan VCG dari tiap blok. Lalu setelah didapatkan nilai-nilai tersebut, maka dapat didapatkan berat kapal kosong keseluruhan, LCG kapal, dan VCG kapal.

2. Berat Sistem Propulsi

- Berat *Main Engine*

Berat disesuaikan dengan katalog mesin.

- Berat *Propeller*

$$W_{prop} = D^3 \times K \times V \quad (II.16)$$

Dimana,

$$K = 0.18 (A_E/A_0) - (z - 2)/100 \quad (II.17)$$

$$V = 0,01 \times D^3 \quad (II.18)$$

$$D = (0,6T + 0,65T)/2 \quad (II.19)$$

z = Jumlah daun baling-baling

A_E/A_0 = Perbandingan antara luas *propeller expanded* dengan luas lingkaran

- Berat *Shaft*

$$W_{shaft} = (M / L_s) \times L_s \quad (II.20)$$

Dimana,

L_s = Panjang *shaft*

$$L_s = 0,081 \times (P_D / n)^{2/3} \quad (II.21)$$

3. Berat *Deadweight Tonnage* (DWT)

- *Payload* (Berat Muatan)

Berat Muatan didapatkan dari ketentuan dari pemilik kapal pada *owner requirements* yang nantinya menjadi dasar seorang desainer dalam mendesain kapal.

- Berat *Crew*

Berat kru secara rinci akan dibahas di Bab IV.

- Berat Bahan Bakar (*Fuel Oil*)

Berat bahan bakar secara rinci akan dibahas di Bab IV.

4. Titik Berat

Titik berat benda adalah suatu titik pada benda tersebut dimana berat dari seluruh bagian benda terpusat pada titik tersebut. Dasar teori itulah yang dijadikan landasan dalam merancang kapal, dimana perhitungan titik berat gabungan kapal merupakan gabungan dari seluruh komponen benda yang ikut terapung bersama kapal. Dalam perhitungan mencari titik berat terdapat dua jenis pendekatan, yaitu pendekatan dengan formula yang didapat dari hasil penelitian dan pengujian, serta pendekatan terhadap bentuk-bentuk bidang dan ruang seperti persegi, persegi panjang, segi tiga, lingkaran, trapesium, dan lain-lain. Untuk perhitungan jarak titik berat kapal dapat dibagi menjadi dua macam, yaitu jarak titik berat secara memanjang (*longitudinal center of gravity / LCG*) untuk mengetahui dimana letak titik berat secara memanjang, yang pada umumnya menjadikan titik AP, *midship*, atau FP sebagai titik acuannya, dan jarak titik berat secara vertikal (*vertical center of gravity / VCG*) guna mengetahui letak titik berat secara vertikal, yang pada umumnya menjadikan dasar lunas (*keel*) sebagai titik acuan untuk mengukur VCG.

II.1.7. Freeboard (Lambung Timbul)

Lambung Timbul adalah jarak yang diukur secara vertikal pada bagian *midship* kapal dari tepi garis geladak hingga garis air di area *midship*. Perhitungan lambung timbul merupakan aspek penting yang harus dilakukan seorang desainer dalam mendesain kapal. Persyaratan tentang lambung timbul kapal secara umum terdapat dalam peraturan Internasional ICLL (*International Convention on Load Lines*), *Korean Register Rules* (untuk *barges*), dan peraturan-peraturan dari klasifikasi lainnya. Karena dalam Tugas Akhir ini kapal termasuk ke dalam jenis tongkang (*barge*), maka rumus yang digunakan berdasarkan *Korean Register Rules* berikut:

$$F = \frac{10(0,68 + C_b)K}{1,36} \quad (II.22)$$

Dimana,

F = Freeboard (mm)

C_b = Block Coefficient, tidak boleh kurang dari 0,68

K = nilai sesuai dengan Tabel II.5.

Tabel II.5. Nilai K

Type of Barges		K
$L < 50$ m	Cargo Barges	0,8 L
	Oil Barges	0,5 L
$L \geq 50$ m	Cargo Barges	$(L/10)^2 + (L/10) + 10$
	Oil Barges	$0,8(L/10)^2 + (L/10)$
(Note) L : Length of Barges (m)		

Sumber: *Korean Register Rules*, 2010

II.1.8. Stabilitas Kapal

Stabilitas kapal adalah kemampuan kapal untuk kembali kepada kedudukan keseimbangan dalam kondisi air tenang ketika kapal mengalami gangguan dalam kondisi tersebut. Hal-hal yang memegang peranan penting dalam stabilitas kapal antara lain:

1. Titik K (*keel*) yaitu titik terendah kapal yang umumnya terletak pada lunas.
2. Titik B (*bouyancy*) yaitu titik tekan ke atas dari volume air yang dipindahkan oleh bagian kapal yang tercelup di dalam air.
3. Titik G (*gravity*) yaitu titik tekan ke bawah yang merupakan titik pusat dari berat kapal.
4. Titik M (*metacentre*) yaitu titik perpotongan antara vektor gaya tekan ke atas pada keadaan tetap dengan vektor gaya tekan ke atas pada sudut oleng.

Keseimbangan statis suatu benda dibedakan atas tiga macam, yaitu:

1. Keseimbangan stabil, kondisi dimana letak titik G berada di bawah titik M.
2. Keseimbangan labil, kondisi dimana letak titik G berada di atas titik M.
3. Keseimbangan *indeferent*, kondisi dimana letak titik berat G berimpit dengan titik M.

Terdapat beberapa metode dalam menentukan besaran kapal. Untuk metode yang digunakan untuk desain *dredger* ini sesuai dengan metode yang dijelaskan oleh (Manning) yang mempertimbangkan besar lengan pengembali GZ. Untuk perhitungan GZ dapat didapatkan seperti berikut:

$$GZ = GG' \sin \phi + b_1 \sin 2\phi + b_2 \sin 4\phi + b_3 \sin 6\phi \quad (\text{II.23})$$

Dimana,

ϕ = Sudut inklinasi

$$GG' = KG' - KG \quad (\text{II.24})$$

$$b_1 = \frac{9x(G'B_{90} - G'B_0)}{8} - \frac{G'M_0 - G'M_{90}}{32} \quad (\text{II.25})$$

$$b_2 = \frac{G'M_0 + G'M_{90}}{8} \quad (\text{II.26})$$

$$b_3 = \frac{3x(G'M_0 - G'M_{90})}{32} - \frac{3x(G'B_{90} - G'B_0)}{8} \quad (\text{II.27})$$

II.2. Tinjauan Pustaka

Pengerukan adalah suatu pekerjaan mengubah bentuk dasar perairan untuk mencapai kedalaman dan lebar yang dikehendaki atau untuk mengambil material dasar laut perairan yang dipergunakan untuk keperluan tertentu. (Direktorat Pelabuhan dan Pengerukan, 2015).

Pengerukan adalah bagian dari Ilmu Sipil yang berarti pemindahan material dari dasar bawah air, atau setiap kegiatan yang merubah konfigurasi dasar atau kedalaman perairan seperti laut, pantai, sungai, danau, ataupun daratan untuk mencapai suatu elevasi tertentu dengan menggunakan peralatan keruk (Mahendra, 2014).

II.2.1. Pekerjaan Pengerukan

Pekerjaan pengerukan meliputi dua jenis kegiatan, yaitu pekerjaan pengerukan yang hasil material keruknya tidak dimanfaatkan atau dibuang dan pekerjaan pengerukan yang hasil material keruknya dimanfaatkan. Selain itu pengerukan dapat dikategorikan dalam dua pekerjaan yaitu pekerjaan pengerukan awal dan pengerukan untuk pemeliharaan alur pelayaran dan atau kolam pelabuhan. Sedangkan Pekerjaan pengerukan terdiri dari tiga kegiatan, yaitu pelaksanaan pengerukan, transportasi material keruk ke lokasi pembuangan dan kegiatan pembuangan material keruk di lokasi pembuangan material keruk (*Dumping area*). (Pedoman Teknis Kegiatan Pengerukan dan Reklamasi, 2006)

II.2.2. Perencanaan Pengerukan

Beberapa ketentuan teknis berdasarkan Pedoman Teknis Kegiatan Pengerukan dan Reklamasi tahun 2006 meliputi unsur-unsur berikut:

1. Perencanaan desain alur dan kolam pelabuhan yang berkaitan dengan pekerjaan pengerukan, pembangunan dan pemeliharaan harus sepengetahuan Direktur Jendral Perhubungan Laut.
2. Untuk pekerjaan pengerukan awal, harus didahului dengan penyelidikan tanah, setidaknya meliputi test *Spesific gravity* dan *Standard Penetration Test* (SPT) dan kadar garam (*Salinity*). Keadaan tanah dasar diperiksa untuk dua keperluan, pertama kemudahannya untuk di keruk (*Excavability*) dan kedua pengangkutannya (*Transportability*).
3. Penentuan/penetapan posisi alur pelayaran/kolam pelabuhan pada peta *Sounding*.

4. Pengerukan di daerah sekitarnya.
5. *Alignment* alur pelayaran, lengkungan pada alur sedapat mungkin dihindari bila lengkungan harus ada diusahakan bentuk geometris alur yang melengkung tersebut membentuk sudut tidak lebih dari 30° , sedangkan jari-jari kurva lengkungan minimal empat kali dari panjang kapal.

II.2.3. Klasifikasi Pengerukan

1. Berdasarkan pemanfaatan material keruknya, pekerjaan pengerukan dibagi atas:
 - a. Pekerjaan pengerukan yang hasil material keruknya dapat dimanfaatkan, dimana hasil pemanfaatannya harus mendapatkan persetujuan dari instansi yang berwenang.
 - b. Pekerjaan pengerukan yang hasil material keruknya dibuang atau tidak dimanfaatkan, sesuai rekomendasi dari syahbandar dan penyelenggara pelabuhan terdekat.
2. Sedangkan berdasarkan jenis kegiatannya, dibagi atas:
 - a. Kegiatan pembangunan atau pengerukan awal (*Capital Dredging*)
Capital Dredging adalah kegiatan pengerukan untuk membuat suatu konfigurasi dasar laut, sungai, atau danau yang baru.
 - b. Kegiatan pengerukan pemeliharaan (*Maintenance Dredging*)
Maintenance Dredging adalah kegiatan pengerukan untuk mempertahankan konfigurasi dasar laut, sungai, atau danau tersebut.

II.2.4. Tujuan Pengerukan

Adapun berikut beberapa tujuan pengerukan dilakukan:

1. Konstruksi dan reklamasi
Untuk memperoleh material bangunan seperti kerikil, pasir, dan tanah liat atau untuk menimbun lahan dengan material kerukan sebagai tempat membangun daerah industri, permukiman, jalan, dsb.
2. Pertambangan
Untuk mendapatkan mineral, permata, logam mulia, dan pupuk.
3. Pelayaran (Navigasi)
Untuk perluasan, pemeliharaan, dan perbaikan sarana lalu lintas air dan pelabuhan. Untuk membuat pelabuhan, memperdalam kolam pelabuhan (*turning basin*), dan fasilitas lainnya.
4. Pengendalian banjir
Untuk memperbaiki dan melancarkan aliran sungai dengan memperdalam dasar sungai atau fasilitas pengendali banjir lainnya seperti tanggul atau bendungan.

5. Tujuan lainnya

Untuk penggalian pondasi bawah air dan penanaman pipa saluran air atau pembuatan terowongan. Untuk membuang polutan dan mendapatkan air yang berkualitas. (Rohim, 2003)

II.2.5. Metode Pengerukan

Metode pengerukan menurut Direktorat Pelabuhan dan Pengerukan tahun 2015 yaitu:

1. Pekerjaan pengerukan secara garis besar dapat dibagi dalam tiga proses utama, yakni : penggalian, pengangkutan, dan pembuangan.
2. Metode pekerjaan pengerukan dapat dilaksanakan dengan jenis kapal keruk *hopper* dan *non hopper*.
3. Untuk material keruk yang keras, semisal karang, pekerjaan pengerukan dapat dilaksanakan dengan beberapa cara yaitu:
 - a. Penggalian material karang dengan metode pemecahan karang melalui gelombang pendek atau *microwave*.
 - b. Penggalian material karang dengan metode peledakan karang kemudian pemindahan material keruk dengan sistem pengerukan normal.
 - c. Penggalian material karang dengan metode mekanikal kemudian pemindahan material keruk dengan sistem pengerukan normal.
 - d. Pemotongan karang dengan menggunakan peralatan tekanan tinggi.
4. Penggalian material keruk karang dengan metode peledakan harus mendapatkan izin dari instansi yang berwenang.

II.2.6. Siklus Waktu Pengerukan

Proses pengerjaan pengerukan akan melalui 4 tahap, yaitu:

1. Tahapan memotong/*excavating*
2. Tahapan menaikkan/*lifting*
3. Tahapan mengangkut/*transportation*
4. Tahapan membuang/*dumping*



Gambar II.3. Siklus Pengerukan

Gambar II.3. adalah siklus pengerukan dan tahapan yang dilakukan pada dasarnya hanya dengan tiga mekanisme, yakni:

1. Pengerukan Hidrolik

Pengerukan untuk material yang lepas/*loose*/tidak padat, biasanya untuk *Maintenance Dredging*

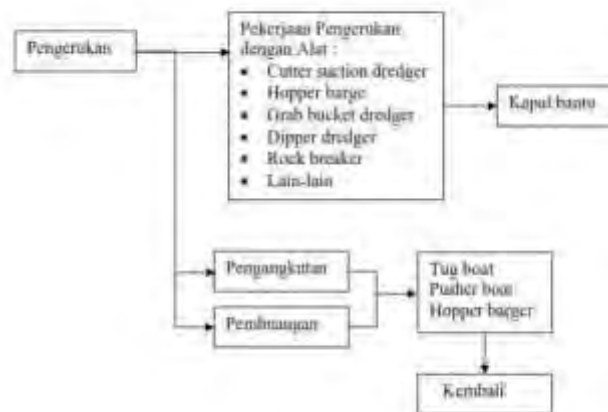
2. Pengerukan Mekanik

Pengerukan untuk material yang padat/*solid*, biasanya untuk *Maintenance Dredging* dan *Capital Dredging*.

3. Pengerukan Hidrolik dan Mekanik

Kombinasi dari kedua metode sebelumnya, biasanya untuk material keras dan perlu dipotong sebelum material dihisap.

Ketiga cara pengerukan di atas juga menggunakan alat bantu untuk transportasi dan pembuangan material hasil pengerukan. (Mahendra, 2014)



Gambar II.4. Aktivitas pengerukan

Gambar II.4. merupakan aktivitas pengerukan mulai dari pengerukan dengan alat-alat bantu sampai dengan pembuangan dan seterusnya.

II.2.7. Pemilihan Jenis Alat Keruk

1. Jenis alat keruk berdasar penggerakannya dibedakan berdasarkan yang memiliki alat penggerak sendiri dan tanpa alat penggerak sendiri, dimana masing-masing jenis alat keruk memiliki kinerja berbeda untuk berbagai keadaan cuaca dan material tanah dasarnya.
2. Pemilihan jenis kapal keruk sangat penting dikarenakan dapat meningkatkan hasil yang lebih efisien dan lebih ekonomis, optimalisasi pengerukan, dan untuk mengurangi dampak dari sedimentasi.
3. Pemilihan jenis dan kapasitas kapal keruk ditentukan oleh:
 - a. Maksud dan tujuan dilakukan pengerukan (pemeliharaan kedalaman alur/kolam pelabuhan dan pembuatan alur/kolam pelabuhan).
 - b. Kedalaman awal alur atau kolam.
 - c. Jenis material keruk (pasir, lumpur, tanah liat/*clay* dan karang)
 - d. Lokasi pekerjaan
 - e. Volume keruk
 - f. Jarak ke area pembuangan (*dumping area*)
4. Pemilihan alat keruk harus disesuaikan dengan jenis material dasar yang dikeruk diklasifikasikan sebagaimana Tabel II.6. dibawah ini:

Tabel II.6. Jenis Alat Keruk Berdasarkan Jenis Tanah

Jenis Tanah			Jenis Alat Keruk					
Klasifikasi	Keadaan	N	<i>Pump Dredger</i>	<i>Hopper Dredger</i>	<i>Grab Dredger</i>	<i>Bucket Dredger</i>	<i>Dipper Dredger</i>	<i>Rock Breaker</i>
Tanah Lempung	Sangat lunak	<4	√	√	√	√		
	Lunak	4	√	√	√	√		
	Sedang	10	√	√	√	√		
	Keras	10	√		√	√		
	Lebih keras	20	√		√	√	√	√
	Sangat keras	20	√		√	√	√	√
Tanah Kepasiran	Lunak	<10	√	√	√	√		
	Sedang	10	√	√	√	√		
	Keras	20	√	√	√	√		
	Lebih keras	20	√		√	√	√	√
	Sangat keras	30	√		√	√	√	√

Jenis Tanah			Jenis Alat Keruk					
Klasifikasi	Keadaan	N	<i>Pump Dredger</i>	<i>Hopper Dredger</i>	<i>Grab Dredger</i>	<i>Bucket Dredger</i>	<i>Dipper Dredger</i>	<i>Rock Breaker</i>
Tanah Lempung Berkerikil	Lunak	<30	√	√	√	√	√	√
	Keras	>30	√	√	√	√	√	√
Tanah Kepasiran Berkerikil	Lunak	<30	√		√	√	√	√
	Keras	>30	√		√	√	√	√
Batu	Lebih lunak	40	√		√	√	√	√
	Lunak	50	√		√	√	√	√
	Sedang	50			√	√	√	√
	Keras	60			√			√
	Lebih keras	60			√			√
	Sangat keras	60			√			√
Kerikil	Lepas		√		√	√		
	Menyatu		√		√	√	√	

Sumber: Pedoman Teknis Kegiatan Pengerukan dan Reklamasi, 2006

5. Pemilihan alat keruk perlu disesuaikan dengan kemampuan alat keruk sebagaimana

Tabel II.7. di bawah ini:

Tabel II.7. Pemilihan Alat Keruk Berdasarkan Kemampuan Alat

Kemampuan Alat Keruk	<i>Bucket Dredger</i>	<i>Grab Dredger</i>	<i>Backhoe Dredger</i>	<i>Suction Dredger</i>	<i>Cutter Dredger</i>	<i>Trailer Dredger</i>	<i>Hopper Dredger</i>
Dapat mengeruk material	Ya	Ya	Ya	Ya	Ya	Ya	Ya
Dapat mengeruk material lempung	Ya	Ya	Ya	Tidak	Ya	Ya	Tidak
Dapat mengeruk material batuan	Ya	Tidak	Ya	Tidak	Ya	Tidak	Tidak
Memiliki kabel jangkar	Ya	Ya	Tidak	Ya	Ya	Tidak	Ya

Kemampuan Alat Keruk	<i>Bucket Dredger</i>	<i>Grab Dredger</i>	<i>Backhoe Dredger</i>	<i>Suction Dredger</i>	<i>Cutter Dredger</i>	<i>Trailer Dredger</i>	<i>Hopper Dredger</i>
Kedalaman pengerukan maksimum (m)	30	>100	20	70	25	100	50
Melakukan pengerukan secara akurat	Tidak	Ya	Tidak	Ya	Tidak	Ya	Ya
Dapat digunakan pada kondisi <i>offshore</i>	Tidak	Tidak	Tidak	Ya	Ya	Tidak	Tidak
Pengangkutan menggunakan pipa	Ya	Tidak	Ya	Tidak	Ya	Tidak	Tidak
Dapat mengeruk tanah padat langsung di tempat	Ya	Ya	Ya	Tidak	Terbatas	Tidak	Tidak

Sumber: Pedoman Teknis Kegiatan Pengerukan dan Reklamasi, 2006

II.2.8. Material Keruk

Tanah menjadi faktor utama yang mempengaruhi dalam pemilihan kapal keruk beserta peralatan keruknya dan produktivitas kapal. Material tanah ada beberapa macam sesuai dengan ukuran menurut *Colorado State* yang dijelaskan pada Tabel II.8. di bawah ini:

Tabel II.8. Jenis-jenis Material Keruk

<i>Name</i>	<i>Particle Diameter (mm)</i>
<i>Clay</i>	<i>< 0,002</i>
<i>Silt</i>	<i>0,002 to 0,05</i>
<i>Very fine sand</i>	<i>0,05 to 0,10</i>
<i>Fine sand</i>	<i>0,10 to 0,25</i>
<i>Medium sand</i>	<i>0,25 to 0,5</i>
<i>Coarse sand</i>	<i>0,5 to 1,0</i>
<i>Very coarse sand</i>	<i>1,0 to 7,0</i>
<i>Gravel</i>	<i>2,0 to 75,0</i>
<i>Rock Greater</i>	<i>>75,0 (approximately 2 inches)</i>

Sumber: (Mahendra, 2014)

II.2.9. Lokasi Pembuangan (*Dumping Area*)

1. Lokasi pembuangan (*dumping area*) hasil keruk dapat dipilih dengan persyaratan tidak diperbolehkan di: alur-pelayaran, kawasan lindung, kawasan suaka alam, taman nasional, taman wisata alam, kawasan cagar budaya dan ilmu pengetahuan, sempadan pantai, kawasan terumbu karang, kawasan mangrove, kawasan perikanan dan budidaya, kawasan pemukiman, dan daerah lain yang sensitif terhadap pencemaran sesuai dengan ketentuan peraturan perundang-undangan.
2. Lokasi pembuangan material keruk yang lokasinya di perairan, dibuang pada jarak 12 (dua belas) mil dari garis pantai dan/atau pada kedalaman lebih dari 20 (dua puluh) meter setelah dilakukan studi lingkungan sesuai dengan ketentuan peraturan perundang-undangan yang berlaku.
3. Tempat pembuangan material keruk di darat harus mendapat persetujuan dari pemerintah daerah setempat dan instansi yang berwenang. (Direktorat Pelabuhan dan Pengerukan, 2015)

II.2.10. *Backhoe Dredger*

Backhoe merupakan salah satu alat *dredging* berbentuk timba dengan penggali hidrolis tunggal yang terletak di ujung lengan yang berbeda (depan atau belakang). *Backhoe Dredger* dipakai untuk penggalian di wilayah air yang merupakan pengembangan dari *backhoe excavator* yang ada di darat. Istilah *backhoe* bukanlah menunjukkan bahwa lokasinya terletak di belakang, akan tetapi ditinjau dari cara pengerukan yang dilakukan membelakangi material keruk.

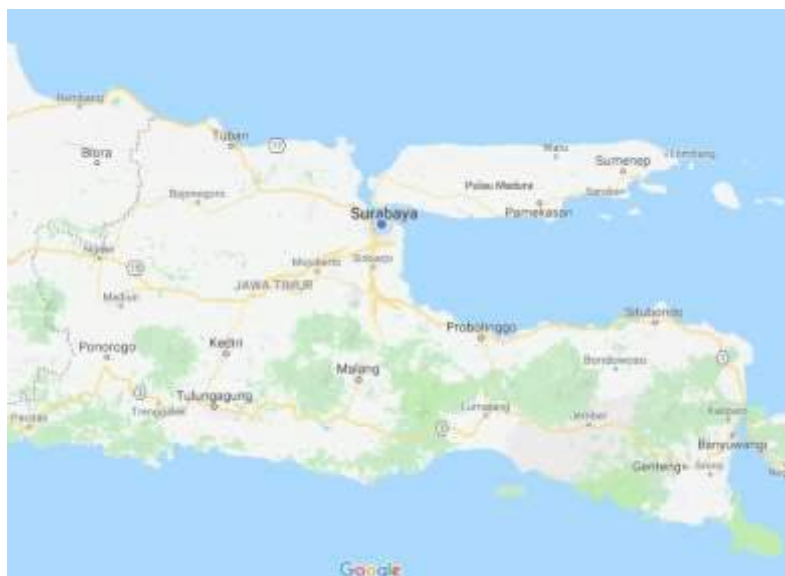
Kapal keruk jenis ini mulai dikenal sejak tahun 1980-an. Saat itu, pembangunan *Backhoe Dredger* masih sangat jarang. *Backhoe Dredger* sangat cocok digunakan untuk wilayah perairan yang dangkal. Selain itu, kapal keruk jenis ini cocok jika dioperasikan untuk wilayah yang memiliki karakteristik material keruk yang berpasir, berbatu, atau campuran antara keduanya. Cara kerja *Backhoe Dredger* adalah sama seperti fungsi excavator pada umumnya. Dalam pembangunannya, hal-hal yang perlu diperhatikan yaitu batasan-batasan pada wilayah operasi, seperti sarat minimum, lebar minimum, dll. Gambar II.5. merupakan contoh bentuk *Backhoe Dredger* yang dioperasikan di wilayah pesisir.



(Sumber: *International Association of Dredging Company*, 2014)
Gambar II.5. *Backhoe Dredger* sedang melakukan pengerukan pantai

II.2.11. Sungai Kalimas

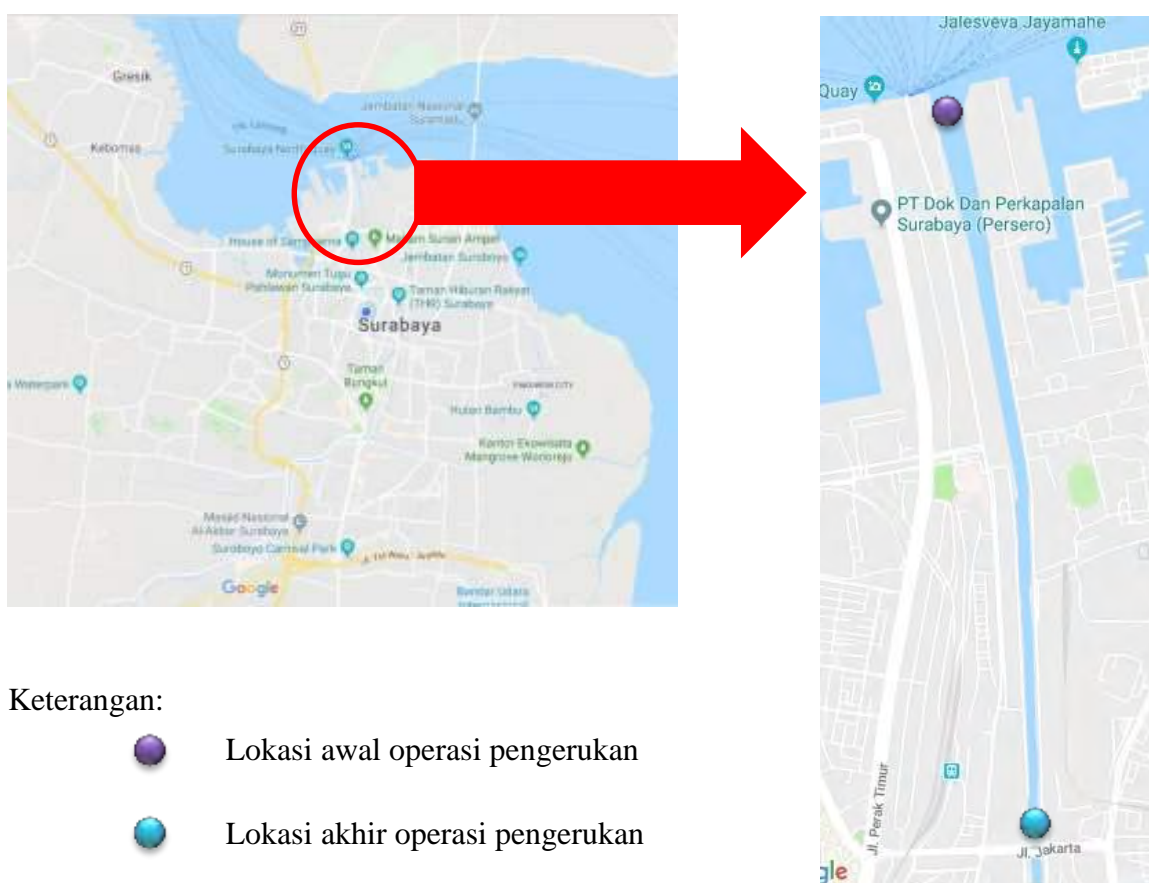
Sungai utama yang berada di Kota Surabaya, Jawa Timur, berasal dari Kali Brantas yang mengalir melalui Kota Mojekerto. Di kota ini Kali Brantas terbagi menjadi dua, yakni Kali Porong dan Kali Surabaya yang dimensinya lebih kecil. Di Wonokromo, Kali Surabaya terpecah menjadi dua anak sungai, yaitu Kali Mas dan Kali Wonokromo. Kali Mas mengalir ke arah pantai utara melewati tengah kota, sedangkan Kali Wonokromo ke arah pantai timur dan bermuara di selat Madura. Kalimas yang mengalir ke arah utara Kota Surabaya dari Pintu Air Ngagel sampai kawasan Tanjung Perak memiliki bentuk sungai yang meliuk dan sebagian lurus, khususnya di bagian utara. Lebar penampang permukaan sungai bervariasi antara 20 m – 35 m. Bagian terlebar terdapat di Kelurahan Ngagel dengan lebar sungai sekitar 35 meter yaitu di dekat pintu air. Di daerah ini kondisi air termasuk paling bersih sehingga di sini air sungai banyak dimanfaatkan oleh warga sekitar sungai untuk mandi dan cuci (aktivitas MCK). Untuk lebar sungai tersempit terdapat di Kelurahan Bongkaran yaitu di dekat Jl. Karet dan Jl. Coklat dengan lebar sekitar 20 meter. Kedalaman Sungai Kalimas menurut data di Balai Besar Wilayah Sungai Brantas adalah antara 3 sampai 4 meter (Data dilampirkan). Kedalaman sungai yang paling dalam berada pada kawasan Monkasel sampai kawasan Genteng. Secara relatif, ketersediaan ruang terbuka hijau di sekitar Sungai Kalimas tidak luas. Lokasi yang efektif berupa Ruang Terbuka Hijau adalah di Kawasan Ngagel (Taman Wisata dan sebagian sempadan Sungai) dan di Taman Prestasi di Kawasan Genteng. Pada Gambar II.6. diberikan peta lokasi Provinsi Jawa Timur.



Sumber: *Google Maps*, 2017

Gambar II.6. Peta Provinsi Jawa Timur, Indonesia

Lalu pada Gambar II.7 diberikan tinjauan lokasi operasi *Dredger Vessel* di Sungai Kalimas Surabaya.



Keterangan:



Lokasi awal operasi pengerukan



Lokasi akhir operasi pengerukan

Sumber: *Google Maps*, 2017

Gambar II.7. Tinjauan Lokasi Sungai Kalimas Surabaya

BAB III METODOLOGI

III.1. Metode

Metode dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini dijabarkan dalam bagan alir yang terdapat pada Bab III.5 Bagan alir.

III.2. Proses Pengerjaan

Pada Bab III.2 ini akan dijelaskan tahapan pengerjaan yang akan dilakukan dari tahap pengumpulan data hingga tahap menggambar desain Rencana Garis dan desain Rencana Umum.

III.2.1. Identifikasi dan Perumusan Masalah

Tahap yang dilakukan pertama kali adalah identifikasi dan perumusan masalah terhadap obyek yang dijadikan Tugas Akhir ini. Identifikasi dilakukan guna mengetahui masalah apa saja yang dapat timbul dari obyek yang dituju antara lain tentang Sungai Kalimas, kapal keruk jenis *backhoe dredger*, dsb. Kemudian dari hasil identifikasi, langkah selanjutnya adalah merumuskan masalah dari masalah yang telah didapatkan. Fungsi dari perumusan masalah tidak lain agar penyelesaian dari masalah yang dibahas jelas.

III.2.2. Pengumpulan Data dan Studi Literatur

Tahap selanjutnya yakni mengumpulkan data dan studi literatur. Pengumpulan data sangatlah diperlukan untuk mengetahui segala hal tentang obyek yang akan ditinjau. Pengumpulan data dapat dilakukan dengan berbagai cara antara lain, pengumpulan data primer dan sekunder. Selain mengumpulkan data, pengumpulan studi literatur juga harus dilakukan guna memperkuat teori yang dipakai. Studi literatur yang dicari harus berhubungan dengan obyek yang akan dibahas, setidaknya dasar teori yang digunakan harus sesuai.

III.2.3. Menentukan *Operational Requirements* dan *Payload*

Setelah berbagai data dan studi literatur dikumpulkan, maka tahap selanjutnya adalah menentukan *Operational Requirements* dan *Payload* dari *dredger vessel*. Penentuan *Operational Requirement* ini meliputi batasan-batasan yang harus diperhatikan agar desain kapal mampu beroperasi di area Sungai Kalimas, mulai dari lebar minimum sungai, kedalaman

sungai, panjang sungai yang ditinjau, jenis sedimentasi sungai, dan ketinggian sedimentasi sungai. Dari *Operational Requirements* tersebut akan dapat digunakan untuk menentukan *Payload* (muatan) pada *dredger vessel*.

III.2.4. Penentuan Ukuran Utama Awal dan Kapasitas Ruang Muat

Setelah *Operational Requirements* dan *Payload* ditentukan, selanjutnya adalah menentukan ukuran utama awal dan kapasitas ruang muat. Dalam menentukan kapasitas ruang muat tentunya berdasarkan dari *Payload* kapal agar tidak *over specification* ataupun kurang. Cara dari bagaimana menentukan kapasitas ruang muat akan dijelaskan pada Bab IV. Kemudian dari kapasitas ruang muat, maka ukuran utama awal kapal dapat ditentukan. Ukuran utama awal kapal ini nantinya akan digunakan pada berbagai perhitungan analisis teknis. Ukuran utama awal ini bersifat sementara karena akan dioptimasi nilainya berdasarkan peninjauan banyak hal dalam perhitungan teknis.

III.2.5. Menghitung Analisis Teknis dan *Building Cost*

Tahap selanjutnya adalah menghitung analisis teknis kapal dan *building cost* (biaya pembangunan kapal). Perhitungan teknis tentunya berdasarkan ukuran utama awal yang telah didapatkan sebelumnya. Kemudian ukuran utama awal tersebut dioptimasi menggunakan metode 256 untuk mendapatkan 256 ukuran utama. Dari 256 ukuran utama tersebut akan dipilih ukuran utama yang benar-benar sesuai berdasarkan tinjauan perhitungan teknis lainnya. Perhitungan analisis teknis yang dilakukan meliputi perhitungan *main coefficient*, hambatan kapal, daya mesin yang dibutuhkan kapal, berat dan titik berat *freeboard* (lambung timbul), dan stabilitas. Setelah dilakukan perhitungan teknis, proses selanjutnya adalah melakukan perhitungan biaya pembangunan kapal (*building cost*). Perhitungan ini meliputi biaya total komponen-komponen apa saja yang terdapat pada kapal. Hal yang harus dilakukan adalah mencari harga terkini (per tahun 2017) barang-barang/komponen-komponen yang ada pada kapal lalu dijumlahkan.

III.2.6. Desain *Lines Plan*, Rencana Umum, dan 3D Model

Pada tahap ini, proses pembuatan model 3D, gambar Rencana Garis, dan gambar Rencana Umum diperoleh dari *software Maxsurf Modeler Advanced*. Dari sini kemudian dibentuk kapal dan disesuaikan dengan karakteristik analisis teknis yang telah dihitung. Jika telah didapatkan karakteristik badan kapal yang sesuai, maka selanjutnya mengatur *Design*

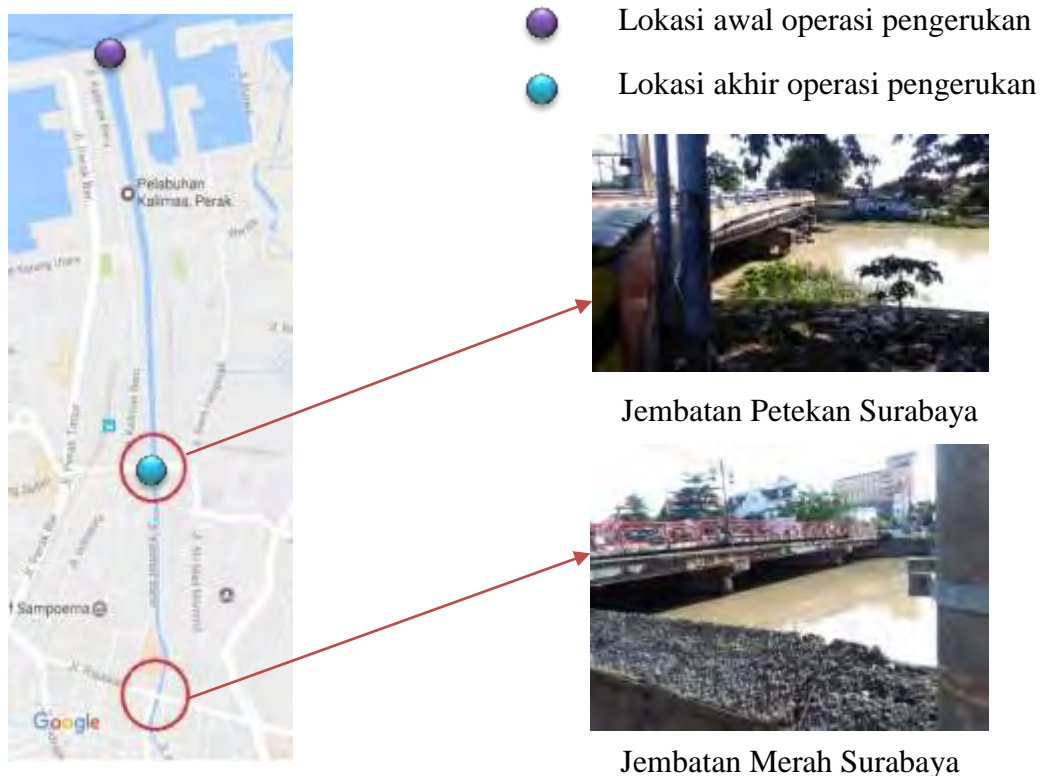
Grid (yang berisi *section*, *waterlines*, *buttock*, dan *diagonals*) untuk mendapatkan Rencana Garis kapal. Setelah itu, hasil Rencana Garis dari *Maxsurf Modeler Advanced* di *export* ke *AutoCAD* untuk di-*redraw* agar lebih baik gambarnya. Dan tahap selanjutnya, Gambar Rencana Umum dapat dibuat juga dari *software AutoCAD*.

III.2.7. Kesimpulan

Tahapan terakhir dalam penelitian ini adalah penarikan kesimpulan. Kesimpulan yang didapatkan harus mampu menjawab tujuan yang ada dalam Tugas Akhir ini meliputi penentuan ukuran utama *Dredger Vessel* untuk operasi wilayah sungai Kalimas, kapasitas muatan hasil keruk, sistem propulsi yang sesuai untuk operasi kapal, gambar Rencana Garis, Rencana Umum, model 3D, dan biaya pembangunan kapal.

III.3. Lokasi Pengerjaan

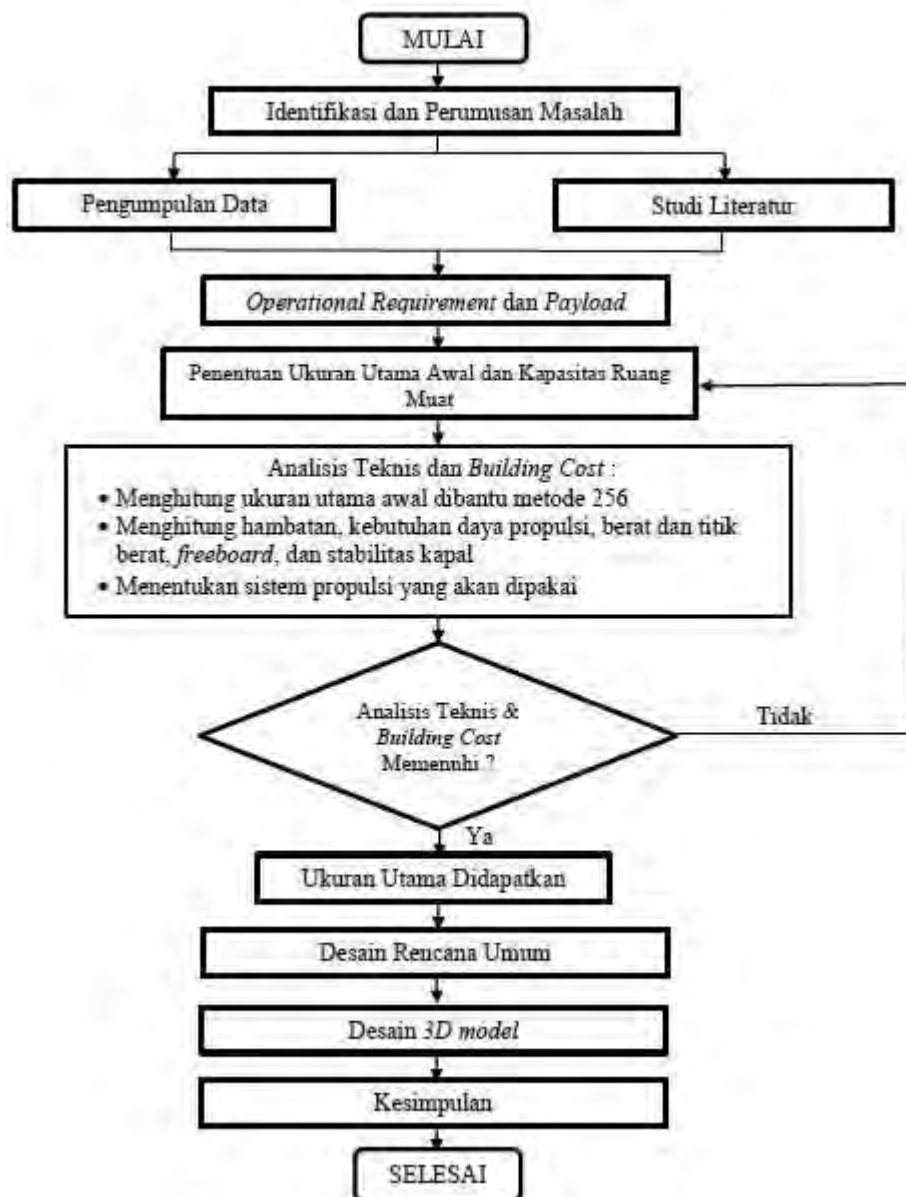
Lokasi pengerjaan yang ditinjau pada Tugas Akhir ini di Sungai Kalimas, berawal dari muara sungai sampai ke Jembatan Petekan Surabaya. Berikut penjabaran informasi peta lokasinya sesuai dengan Gambar III.1.



Gambar III.1. Lokasi Pengerjaan di Sungai Kalimas Surabaya

III.4. Bagan Alir

Pada Gambar III.2. berikut merupakan Bagan alir dari metodologi pengerjaan Tugas Akhir ini:



Gambar III.2. Bagan Alir Metodologi

BAB IV

ANALISIS TEKNIS DAN ESTIMASI BIAYA PEMBANGUNAN *SELF-PROPELLED BACKHOE DREDGER*

IV.1. Skenario Pengerukan

Dalam operasinya, *Self-Propelled Backhoe Dredger* bertugas untuk melakukan pengerukan di Sungai Kalimas Surabaya seperti yang dapat dilihat pada Bab III.3 sebelumnya. Untuk melakukan pengerukan, kapal harus benar-benar dipastikan agar dapat menjalankan operasi dengan baik. Untuk itu selain mendesain kapal secara teknis, diperlukan juga skenario-skenario agar kapal beroperasi dengan baik tanpa gangguan. Berikut penjabaran skenario selama kapal melakukan pengerukan sampai menuju ke *dumping area* (area pembuangan):

1. Kapal memulai operasi dari muara Sungai Kalimas, sehingga sebelum memasuki muara, kapal melakukan proses *dredging equipments installation* (pemasangan alat-alat keruk) di area pelabuhan Tanjung Perak seperti pada Gambar IV.1 berikut.



Gambar IV.1. Proses Pemasangan Peralatan Keruk di Pelabuhan Tanjung Perak

2. Setelah proses *installation* selesai dilakukan, maka kapal dapat melakukan pengerukan dimulai dari muara sungai sampai Jembatan Petekan Surabaya. Gambar IV.2 berikut merupakan visualisasi pengerukan kapal.



Gambar IV.2. Kapal Memasuki Muara Sungai Kalimas

3. Pengerukan dilakukan mulai dari muara Sungai Kalimas sampai ke Jembatan Petekan Surabaya. Visualisasi prosesnya dapat dilihat pada Gambar IV.3 berikut.



Gambar IV.3. Kapal Berhenti di Jembatan Petekan

4. Jika proses pengerukan selesai dilakukan dan muatan keruk telah diangkut, kapal kemudian menuju ke laut sejauh 12 mil dari garis pantai untuk membuang muatan keruknya sesuai dengan peraturan Direktorat Pelabuhan dan Pengerukan.

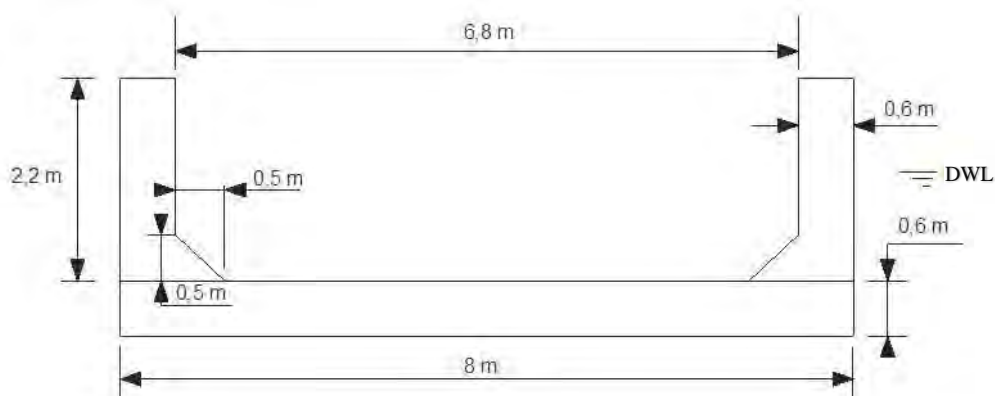
IV.2. Analisis Perhitungan Ruang Muat dan Ukuran Utama Awal

Perhitungan ruang muat pada *dredger vessel* didasarkan pada struktur geometris Sungai Kalimas Surabaya yang meliputi kedalaman sungai, lebar minimum sungai, jenis sedimentasi dan volume sedimentasi (data-data tersebut dapat dilihat pada Lampiran A Data Pendukung). Data-data tersebut juga digunakan untuk menentukan *Operational Requirements* kapal. Pada Tabel IV.1. berikut adalah rekapitulasi data yang dibutuhkan untuk menentukan ruang muat:

Tabel IV.1. Rekapitulasi Data Yang Dibutuhkan Dalam Perhitungan Ruang Muat

Data Yang Dibutuhkan	Nilai
Jarak Lintasan Keruk	3000 m
Lebar Minimum Sungai	20 m
Tinggi Sedimentasi Sungai	1 m
Volume Keruk	60.000 m ³
Rencana Waktu Pengerukan	96 hari (4 bulan)
Volume Pengangkutan Per Hari	625 m ³
Estimasi Pengangkutan Per Hari	5 kali
Berat Muatan	93.25 ton
Massa Jenis Lumpur	0,746 ton/m ³

Dari hasil berat muatan pada Tabel IV.1. maka, didapatkan *Payload* kapal sebesar 94 ton. Dengan diperolehnya nilai *Payload* kapal akan didapatkan juga volume akibat muatan sebesar 126,0054 m³. Dari hasil volume tersebut, maka ukuran untuk ruang muat dapat diperkirakan sebagai dasar penentuan ukuran utama awal kapal. Hasil ukuran ruang muat kapal L (panjang), B (lebar), dan H (tinggi) masing-masing adalah L = 8,6 meter, B = 6,8 meter, dan H = 2,2 meter. Kemudian ukuran *side tank* dan tinggi *double bottom* masing-masing 0,6 meter.



Gambar IV.4. Ukuran Ruang Muat Kapal

Gambar IV.4 di atas merupakan ukuran ruang muat kapal. Penambahan sudut sebesar 45° pada *Hopper Side* berfungsi untuk menghindari *free surface effect* akibat *angle of repose* dari material muatan (lumpur) sesuai yang disyaratkan oleh *IMSBC Code Appendix 1* seperti pada Gambar IV.5 di bawah ini:

DESCRIPTION Clay is usually light to dark grey and comprises 10% soft lumps and 90% soft grains. The material is usually moist but not wet to the touch. Moisture is up to 25%.		
CHARACTERISTICS		
ANGLE OF REPOSE	BULK DENSITY (kg/m³)	STOWAGE FACTOR (m³/t)
Not applicable	745 to 1515	0.65 to 1.34
SIZE	CLASS	GROUP
Up to 150 mm	Not applicable	C

Gambar IV.5. *IMSBC Code Appendix 1* Tentang Material Lumpur

Setelah didapatkan ukuran ruang muat, proses selanjutnya adalah menentukan ukuran utama awal kapal. Penentuan ukuran utama awal kapal juga tak lepas dari data-data yang telah disajikan pada Tabel IV.1 dan ukuran ruang muat. Rekapitulasi ukuran utama awal kapal dapat dilihat pada Tabel IV.2 berikut:

Tabel IV.2. Rekapitulasi Ukuran Utama Awal Kapal

Ukuran Utama Awal Kapal	Nilai
Panjang (L_0)	15 meter
Lebar (B_0)	8 meter
Tinggi (H_0)	2,8 meter
Sarat (T_0)	1,5 meter

Ukuran utama awal di atas bersifat sementara karena pada proses-proses selanjutnya akan dioptimisasi berdasarkan aspek-aspek teknis yang ditinjau. Untuk perhitungan ruang muat lebih jelas dapat dilihat di Lampiran B Perhitungan Analisis Teknis.

IV.3. Metode Optimisasi 256 dan Perhitungan *Main Coefficient*

Tahap setelah mendapatkan ukuran utama awal kapal adalah mengoptimisasi ukuran utama menggunakan metode 256. Seperti yang telah dibahas dalam Bab II.1.2, dalam menggunakan metode 256 ini dibutuhkan beberapa variabel pendukung untuk mengoperasikannya. Variabel pendukung tersebut meliputi nilai *Froude Number*, L/B , B/T , dan T/H . Cara untuk mendapatkan *Froude Number* telah dijelaskan dalam Bab II.1.3, sedangkan nilai L/B , B/T , T/H dapat diperoleh dari perbandingan nilai pada ukuran utama awal. Pada Tabel IV.3 berikut merupakan nilai variabel-variabel pendukung yang telah disebutkan sebelumnya:

Tabel IV.3. Variabel Pendukung Metode 256

Variabel	Nilai
<i>Froude Number</i> (F_{n0})	0,297
L_0/B_0	1,875
B_0/T_0	5,333
T_0/H_0	0,536

Dengan adanya variabel pendukung di atas, maka metode optimisasi 256 dapat dilakukan. Tujuan metode 256 dilakukan adalah untuk mendapatkan ukuran utama kapal yang optimal berdasarkan aspek-aspek teknis yang ditinjau. Dalam operasinya, metode 256 dapat menghasilkan 256 ukuran utama kapal yang dipersentasekan pada batas atas dan batas bawah dari ukuran utama awal kapal yang telah diperoleh (variasi penambahan sebesar x %). Persentase batas atas metode 256 yang dipakai bernilai -1,667 % dan -5 %. Begitu juga pada persentase batas bawah metode 256 bernilai 1,667 % dan 5 %. Penjabaran tentang variasi penambahan sebesar x % dijelaskan pada Tabel IV.4 berikut ini:

Tabel IV.4. Variasi Penambahan Sebesar X %

X	$F_{n0} + X\%$	X	$L_0/B_0 + X\%$	X	$B_0/T_0 + X\%$	X	$T_0/H_0 + X\%$
-5.00%	0.2820	-5.00%	1.7813	-5.00%	5.0667	-5.00%	0.5089
-1.667%	0.2919	-1.667%	1.8437	-1.667%	5.2444	-1.667%	0.5268
1.667%	0.3018	1.667%	1.9063	1.667%	5.4222	1.667%	0.5446
5.00%	0.3117	5.00%	1.9688	5.00%	5.6000	5.00%	0.5625

Kemudian dari variasi penambahan tersebut, diperoleh nilai F_{n0} , L_0/B_0 , B_0/T_0 , T_0/H_0 masing-masing sebanyak 4 (empat) nilai. Dari nilai-nilai tersebut selanjutnya digunakan untuk mendapatkan ukuran utama kapal sebanyak 256 ukuran utama. Untuk perhitungan metode 256 yang lebih mendetail dapat dilihat dalam Lampiran B Perhitungan Analisis Teknis.

Tabel IV.5 berikut merupakan uraian perhitungan singkat dari metode 256 yang telah dibuat *spreadsheet*-nya menggunakan *Microsoft Excel*.

Tabel IV.5. Optimisasi Metode 256

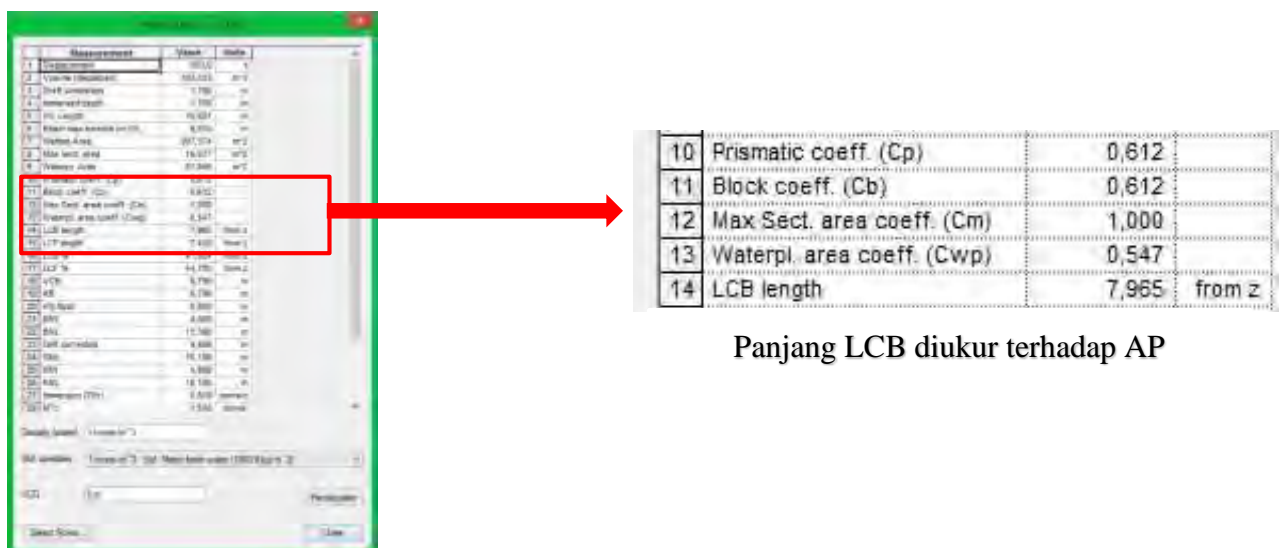
No	F_n	L	B	T	H	C_b	C_m	C_p	C_{wp}	LCB (%)	LCB (m)	LCB (m)	∇ (m ³)	Δ (ton)
1	0.2820	16.6205	9.3308	1.8416	3.6186	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2704	8.0398	174.7879	174.7879
2	0.2820	16.6205	9.3308	1.8416	3.4959	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2704	8.5807	174.7879	174.7879
3	0.2820	16.6205	9.3308	1.8416	3.3813	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2704	8.5807	174.7879	174.7879
4	0.2820	16.6205	9.3308	1.8416	3.2740	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2704	8.5807	174.7879	174.7879
5	0.2820	16.6205	9.3308	1.7792	3.4959	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2704	8.5807	168.8635	168.8635
6	0.2820	16.6205	9.3308	1.7792	3.3774	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2704	8.5807	168.8635	168.8635
7	0.2820	16.6205	9.3308	1.7792	3.2667	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2704	8.5807	168.8635	168.8635
8	0.2820	16.6205	9.3308	1.7792	3.1630	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2704	8.5807	168.8635	168.8635
9	0.2820	16.6205	9.3308	1.7208	3.3813	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2704	8.5807	163.3259	163.3259
10	0.2820	16.6205	9.3308	1.7208	3.2667	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2704	8.5807	163.3259	163.3259
11	0.2820	16.6205	9.3308	1.7208	3.1596	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2704	8.5807	163.3259	163.3259
12	0.2820	16.6205	9.3308	1.7208	3.0593	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2704	8.5807	163.3259	163.3259
13	0.2820	16.6205	9.3308	1.6662	3.2740	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2704	8.5807	158.1415	158.1415
14	0.2820	16.6205	9.3308	1.6662	3.1630	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2704	8.5807	158.1415	158.1415
15	0.2820	16.6205	9.3308	1.6662	3.0593	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2704	8.5807	158.1415	158.1415
16	0.2820	16.6205	9.3308	1.6662	2.9622	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2704	8.5807	158.1415	158.1415
17	0.2820	16.6205	9.0145	1.7792	3.4959	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2704	8.5807	163.1399	163.1399
18	0.2820	16.6205	9.0145	1.7792	3.3774	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2704	8.5807	163.1399	163.1399
19	0.2820	16.6205	9.0145	1.7792	3.2667	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2704	8.5807	163.1399	163.1399
20	0.2820	16.6205	9.0145	1.7792	2.9700	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2704	8.5807	163.1399	163.1399
21	0.2820	16.6205	9.0145	1.7189	3.3774	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2704	8.5807	157.6102	157.6102

Setelah sebanyak 256 ukuran utama kapal didapatkan dengan menggunakan metode 256, proses selanjutnya adalah menghitung nilai *main coefficient* dan LCB kapal. Dalam memperoleh nilai *main coefficient* dan LCB kapal digunakan bantuan *software Maxsurf*. Mula-mula desain 3D awal kapal dibuat menggunakan *software Maxsurf Modeler Advanced*. Meski nilai ukuran utama kapal dari hasil metode optimisasi 256 bersifat sementara, desain 3D awal kapal tetap dibuat dan di-input menggunakan nilai ukuran utama awal kapal. Karena nilai *main coefficient* ditinjau berdasarkan perhitungan *software*, maka selama proses pengerjaan terus dilakukan proses kerja berulang (iterasi) apabila terjadi pergantian ukuran utama kapal. Nilai *main coefficient* yang didapatkan dari perhitungan *software Maxsurf Modeler Advanced* meliputi nilai *Block Coefficient* (C_b), *Midship Coefficient* (C_m), *Waterplane Coefficient* (C_{wp}), dan *Prismatic Coefficient* (C_p). Tabel IV.6 berikut rekapitulasi hasil *main coefficient* dari perhitungan *Maxsurf Modeler Advanced*.

Tabel IV.6. Hasil Rekapitulasi *Main Coefficient* dari *Maxsurf Modeler Advanced*

<i>Main Coefficient</i>	Nilai
<i>Block Coefficient</i> (C_b)	0,612
<i>Midship Coefficient</i> (C_m)	1,000
<i>Waterplane Coefficient</i> (C_{wp})	0,547
<i>Prismatic Coefficient</i> (C_p)	0,612

Sesuai dengan Tabel IV.6, Gambar IV.6 di bawah ini merupakan hasil *running Calculate Hydrostatic* pada *Maxsurf*.



Panjang LCB diukur terhadap AP

Gambar IV.6. Hasil *Calculate Hydrostatic Maxsurf*

IV.4. Perhitungan Hambatan Kapal

Proses selanjutnya adalah menghitung hambatan kapal. Pada Bab II.1.4 telah dijelaskan tentang bagaimana menghitung hambatan kapal jenis tongkang. Rumus untuk menghitung kapal jenis tongkang menggunakan rumus yang diberikan oleh *Korean Register*. Berikut rumus-rumus yang digunakan dalam menghitung hambatan kapal:

1. *Frictional Resistance*

Menurut *Korean Register*, rumus yang digunakan untuk menghitung hambatan gesek yakni:

$$R_f = 0,000136 \times F_1 \times A_1 \times v^2 \quad (\text{IV.1})$$

dimana,

F_1 = *Hull surface condition coefficient*, (0,8)

A_1 = *Surface area below waterline* (m²)

v = *Velocity* (knots)

2. *Wave Making Resistance*

Merupakan hambatan akibat gelombang air yang timbul saat kapal bergerak. *Korean Register* merumuskan hambatan akibat gelombang pada tongkang sebagai berikut:

$$R_w = 0,014 \times C \times F_2 \times A_2 \times v^2 \quad (\text{IV.2})$$

dimana,






C = *Resistance coefficient of rough sea*, (1,2)

F_2 = *Bow shape coefficient as obtained from Tabel IV.7.*

A_2 = *Hull cross sectional area below the waterline* (m²)

v = *Velocity* (knots)

Tabel IV.7. *Bow Shape Coefficient*

Bow shape	F_2
	0.384
	0.363
	0.408
	0.385
	0.310

3. Air Resistance

Merupakan hambatan yang diakibatkan oleh udara. *Korean Register* merumuskan hambatan udara pada tongkang sebagai berikut:

$$Ra = 0,0000195 \times Cs \times C_H \times A3 \times (v_W + v)^2 \quad (IV.3)$$

dimana,

C_s = Shape coefficient of hull surface facing the wind as obtained from Tabel IV.8.

C_H = Coefficient of height from waterline to center of area facing the wind as obtained from Tabel IV.9.

$A3$ = Total cross sectional area exposed to wind above waterline (m²)

v_W = wind velocity at service area (knots)

Tabel IV.8. Shape coefficient of hull surface facing the wind

Shape of hull surface	C_s
spherical	0.4
cylindrical	0.5
leg brace	0.5
leg cord	0.7
large flat hull/deck house	1.0
clustered deck house	1.1
latticed structure	1.25
crane, beam, etc.	1.5

Tabel IV.9. Coefficient of height from waterline to center of area facing the wind

Height from waterline (m)	C_H
0 - 15.3	1.0
15.3 - 30.5	1.1
30.5 - 46.0	1.2
46.0 - 61.0	1.3
61.0 - 76.0	1.37
76.0 - 91.5	1.43
91.5 - 106.5	1.48
106.5 - 122.0	1.52
122.0 - 137.0	1.56
137.0 - 152.5	1.60
152.5 - 167.5	1.63
167.5 - 183.0	1.67
183.0 - 198.0	1.70
198.0 - 213.5	1.72
213.5 - 228.5	1.75
228.5 - 244.0	1.77
244.0 - 256.0	1.79
more than 256	1.80

Dari rumus-rumus yang digunakan di atas didapatkan rekapitulasi hasil yang disajikan dalam Tabel IV.10 berikut ini:

Tabel IV.10. Rekapitulasi Nilai Variabel Hambatan

No.	Variabel Hambatan	Nilai (ton)
1	<i>Frictional Resistance</i>	0,1576
2	<i>Wave Making Resistance</i>	3,9608
3	<i>Air Resistance</i>	0,0322
4	<i>Total Resistance</i> ($\sum 1 + 2 + 3$)	4,1507

Untuk detail perhitungan tentang hambatan kapal dapat dilihat di Lampiran B Perhitungan Analisis Teknis.

IV.5. Perhitungan Daya Yang Dibutuhkan Kapal

Setelah nilai hambatan total kapal diketahui, maka tahap selanjutnya adalah menghitung daya yang dibutuhkan kapal yang digunakan untuk memilih *main engine*. Seperti yang telah dibahas dalam Bab II.1.5, bahwa dalam menghitung daya yang dibutuhkan oleh kapal terdapat beberapa elemen yang harus dicari. Elemen-elemen tersebut meliputi *Effective Horse Power* (EHP), *Delivery Horse Power* (DHP), *Shaft Horse Power* (SHP), dan *Brake Horse Power* (BHP). Berikut rumus-rumus untuk mencari elemen-elemen tersebut:

1. *Effective Horse Power* (EHP)

EHP merupakan daya yang dibutuhkan untuk melawan hambatan yang terjadi pada kapal sehingga kapal dapat bergerak sesuai dengan kecepatan yang diinginkan. Berikut ini adalah perhitungan untuk menentukan harga EHP:

$$EHP = RT \times Vs \quad (IV.4)$$

Dimana:

EHP = *Effective Horse Power* (HP) / (kW)

RT = Hambatan total kapal (kN)

Vs = Kecepatan dinas kapal (m/s)

2. *Delivery Horse Power* (DHP)

DHP merupakan daya yang sampai di baling-baling (*propeller*). Terdapat penambahan daya yang dibutuhkan yang diakibatkan oleh adanya pengurangan dari efisiensi lambung, efisiensi relatif-rotatif, dan *open water efficiency*. Adapun perhitungan yang digunakan dalam menentukan harga DHP seperti berikut:

$$DHP = EHP/\eta_D \quad (IV.5)$$

Dimana:

$EHP = \text{Effective Horse Power (HP)} / (\text{kW})$

$\eta_D = \text{Efisiensi baling-baling (propeller efficiency)}$

$$\eta_D = \eta_H \times \eta_R \times \eta_o \quad (IV.6)$$

- $\eta_H = \text{Efisiensi lambung (hull efficiency)}$

$$\eta_H = (1 - t)/(1 - w) \quad (IV.7)$$

Dimana:

$w = \text{Wake friction}$

$w = 2 \times C_B^5(1 - C_B) + 0.04$ untuk kapal dengan *twin screw*

$t = \text{Thrust deduction}$

$t = 0.70 w + 0.06$ untuk kapal dengan *twin screw*

- $\eta_R = \text{Efisiensi relatif-rotatif (relative-rotative efficiency)}$

$$\eta_R = 0.9737 + 0.111 (C_P - 0.0225 LCB) + (-0.06325 P/D) \quad (IV.8)$$

Dimana:

$P/D = \text{Pitch ratio}$

$LCB = \text{Panjang terhadap titik apung}$

- $\eta_o = \text{Open water efficiency}$

3. Shaft Horse Power (SHP)

SHP merupakan daya yang dibutuhkan setelah melewati *stern tube* dan *bearing*.

Terdapat pengurangan daya akibat adanya penurunan efisiensi *stern tube* dan *bearing*.

Adapun perhitungan yang digunakan untuk menentukan besaran daya SHP:

$$SHP = DHP/\eta_s\eta_B \quad (IV.9)$$

Dimana:

$DHP = \text{Delivery Horse Power (HP)} / (\text{kW})$

$\eta_s \eta_B = \text{Efisiensi stern tube dan bearing}$

$\eta_s \eta_B = 0.98$, untuk peletakan *main engine* di bagian belakang kapal

$\eta_s \eta_B = 0.97$, untuk peletakan *main engine* di bagian tengah kapal

4. Break Horse Power (BHP)

BHP merupakan daya yang dibutuhkan oleh mesin penggerak utama yang telah melewati sitem tranmisi. Daya BHP yang dibutuhkan lebih besar dari SHP akibat adanya pengurangan daya yang diakibatkan pengurangan efisiensi tranmisi. Untuk mendapatkan harga BHP dapat ditentukan dengan perhitungan berikut:

$$BHP = SHP/\eta_T \quad (IV.10)$$

Dimana:

$BHP = \text{Break Horse Power (HP)} / (\text{kW})$

$\eta_T = \text{Transmission efficiency}$

$$\eta_T = \Sigma (1 - li)$$

li = Harga koefisien terhadap penggunaan komponen sistem penggerak dapat dilihat pada Tabel IV.11.

Tabel IV.11. Harga li Berdasarkan Jenis Penggunaan Komponen Sistem Penggerak

Jenis Penggunaan Komponen Sistem Penggerak	Harga li
<i>Reduction Gear</i>	0,010
<i>Thrust Bearing</i>	0,005
<i>Reversing Gear</i>	0,010

5. Break Horse Power Maximum Continous Rating (BHP_{MCR})

MCR merupakan *margin* pada kebutuhan daya mesin penggerak utama (BHP) yang disebabkan oleh penambahan adanya *power design margin* yang merupakan *margin* penambahan akibat perencanaan kebutuhan daya mesin yang masih banyak menggunakan pendekatan, dan *power service margin* mengingat mesin akan mengalami penurunan performa seiring waktu penggunaannya. MCR juga digunakan sebagai daya yang digunakan dalam pemilihan *main engine*. Berikut merupakan tahapan untuk mendapatkan harga MCR:

$$MCR = BHP(1 + M_D)/(1 - M_S) \quad (IV.11)$$

Dimana:

$M_D = \text{Power design margin}$

$$M_D = 3 - 5 \%$$

$M_S = \text{Power service margin}$

$$M_S = 15 - 25 \%$$

Dari nilai hambatan kapal yang telah didapatkan (dalam ton) harus diubah menjadi kN agar dapat dimasukkan ke rumus yang telah diberikan di atas dengan dikalikan faktor percepatan gravitasi sebesar $9,81 \text{ m/s}^2$. Dalam Tabel IV.12. berikut merupakan nilai variabel-variabel yang digunakan untuk menghitung elemen-elemen *Horse Power*:

Tabel IV.12. Nilai Variabel Yang Digunakan Untuk Menghitung Elemen *Horse Power*

No.	Variabel	Nilai
1.	<i>Total Resistance</i> (dalam kN)	40,72 kN
2.	η_D (0,30 – 0,75)	0,6 (diasumsikan)
3.	$\eta_S \eta_B$ (<i>machinery aft</i>)	0,98
4.	η_T (<i>medium speed diesel</i>)	0,975
5.	M_D (3 - 5%)	3%
6.	M_S (15 – 25%)	15%

Beberapa nilai dari variabel di atas ada yang diasumsikan dikarenakan proses perhitungan merupakan pendekatan dan sebatas konsep desain. Nilai-nilai yang diasumsikan meliputi nilai η_D (efisiensi baling-baling), M_D (*Power design margin*), dan M_S (*Power service margin*). Nilai-nilai tersebut dapat dilihat pada Tabel IV.12. di atas.

Setelah nilai-nilai variabel di atas didapatkan, maka elemen-elemen *Horse Power* dapat dihitung. Rekapitulasi hasil *Horse Power* disajikan dalam Tabel IV.13. berikut ini:

Tabel IV.13. Rekapitulasi Hasil Perhitungan *Horse Power*

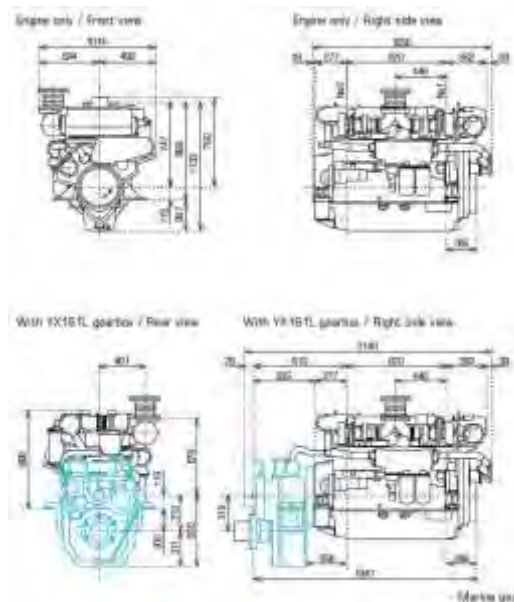
No.	Elemen <i>Horse Power</i>	Nilai (kW)
1.	<i>Effective Horse Power</i> (EHP)	146,62 kW
2.	<i>Delivery Horse Power</i> (DHP)	244,37 kW
3.	<i>Shaft Horse Power</i> (SHP)	249,35 kW
4.	<i>Brake Horse Power</i> (BHP)	255,75 kW

Dari rekapitulasi hasil elemen *Horse Power* di atas, maka didapatkan nilai *Maximum Continuous Rating* (MCR) sebesar 309,91 kW atau jika dikonversi ke dalam satuan *Horse Power* sama dengan 415,59 HP. Nilai dari *Maximum Continuous Rating* (MCR) nantinya akan digunakan untuk memilih jenis *main engine* yang spesifikasinya berdasarkan nilai tersebut. Untuk perhitungan tentang daya yang dibutuhkan oleh kapal secara detail dapat dilihat pada Lampiran B Perhitungan Analisis Teknis.

Berikut katalog dari *main engine* dari perusahaan Yanmar sesuai dengan Gambar IV.7:

	Specifications	
	Model	6HYM-WET H-rating
	Number of cylinders	6 in-line
	Bore × stroke	mm 132.9 × 165
	Displacement	lit 13.733
	Rated output	W/kWh 368/500/1950
	Combustion system	Direct injection
	Aspiration	Turbocharger + intercooler
	Starting system	Electric starting motor (24V 6.0kW)
	Cooling system	Heat exchanger
	Size of flywheel housing and flywheel	SAE #1 and 14 in.
	Dry mass	kg 1385 (without marine gear)
	Dimensions (L×W×H)	mm 1556×1014×1133

Gambar IV.7. Spesifikasi *Main Engine*



Gambar IV.8. Pandangan *Main Engine* dari Depan dan Samping

Gambar IV.8 merupakan gambar pandangan mesin utama dari depan dan samping sesuai dengan katalog yang diberikan oleh Perusahaan Yanmar.

6. Perencanaan *Winch* dan Pemilihan Genset

Winch direncanakan sebagai alat bantu penggerak *spud* (dijelaskan pada Sub Bab IV.7.3). dalam menggerakkan *winch* juga dibutuhkan genset yang memiliki spesifikasi daya yang sesuai. Maka dari itu berikut rumus perhitungan daya yang dibutuhkan *winch* menurut Hary Prasetyo (2008):

- Gaya Tarik *Winch Barrel*

$$T_b = \frac{P+Q}{p \times K} \quad (\text{IV.12})$$

dimana,

P = Berat total *spud* yang ditarik (ton)

Q = Berat *cargo hook* dan *schackle* (2,2 ~ 2,8) x P

p = efficiency + pulley, diambil 1

K = *safety factor*, diambil 0,85

- Diameter *Winch Barrel*

$$D_{bd} = D_b + d_r (2z - 1) \quad (IV.13)$$

dimana,

D_b = Diameter drum, maksimum 0,4 meter

d_r = Diameter tali = $D_b / 17$

z = jumlah lilitan tali pada drum, diambil 4 lilitan

- Torsi Yang Ditimbulkan Pada *Shaft Barrel*

$$M_{bd} = 0.5 \times D_{bd} \times T_b/b \quad (\text{ton.m}) \quad (IV.14)$$

dimana,

b = *efficiency winch barrel*, diambil 0,8

- *Overall Gearing Ratio*

$$I_{wd} = N_m / N_{bd} \quad (IV.15)$$

dimana,

N_m = Putaran poros motor listrik (500-3000) rpm, diambil 1000 rpm

N_{bd} = Kecepatan putar barrel = $19.1 (V_{td} / D_{bd})$

V_{td} = kecepatan mengangkut beban (0.33 - 0.5) m/s, diambil 0,5 m/s

- Torsi Motor Penggerak

$$M_{md} = M_{bd} + (I_{wd} + W_d) \quad (\text{ton.m}) \quad (IV.16)$$

dimana,

W_d = efisiensi keseluruhan (0.65-0.75), diambil 0,75

- Total Tenaga *Winch*

$$N_e = M_{md} \times N_m / 71620 \quad (\text{HP}) \quad (IV.17)$$

Dari rumus yang telah diberikan di atas, diperoleh rekapitulasi data seperti yang disajikan dalam Tabel IV.14 berikut ini:

Tabel IV.14. Rekapitulasi Data Untuk Menghitung Daya *Winch*

No.	Data	Nilai
1.	Berat total <i>spud</i> yang ditarik (P)	15,84 ton*
2.	Berat <i>cargo hook</i> dan <i>schacle</i> (Q)	38,84 ton
3.	Diameter tali (d_r)	0,024 meter

*Catatan: Perhitungan berat *spud* dibahas di Sub Bab IV.7.3

Sedangkan pada Tabel IV.15 berikut merupakan hasil rekapitulasi perhitungan untuk mendapatkan daya yang dibutuhkan *winch*:

Tabel IV.15. Hasil Rekapitulasi Perhitungan Daya *Winch*

No.	Variabel	Nilai
1.	Gaya Tarik <i>Winch Barrel</i> (T_b)	59,614 kN
2.	Diameter <i>Winch Barrel</i> (D_{bd})	0,565 m
3.	Torsi Yang Ditimbulkan Pada <i>Shaft Barrel</i> (M_{bd})	21,04 ton.m
4.	<i>Overall Gearing Ratio</i> (I_{wd})	59,132
5.	Torsi Untuk Motor Penggerak (M_{md})	80,922 ton.m
6.	Total Daya <i>Winch</i> (N_e)	1,129 HP

Jadi, total daya yang dibutuhkan *winch* sebesar 1,129 HP atau 0,843 kW. Maka dipilihlah generator set merk Yamaha EF 2600 FW dengan spesifikasi yang disajikan pada Gambar IV.9 berikut ini:



Gambar IV.9. Spesifikasi Genset

IV.6. Penentuan Sistem Propulsi Kapal

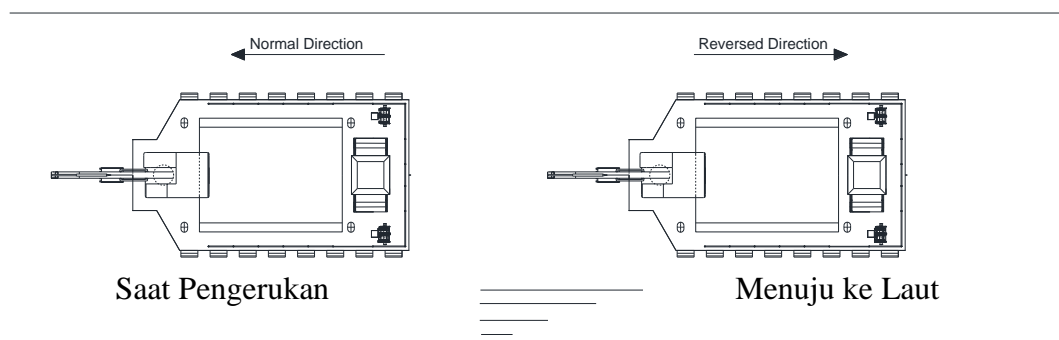
Seperti yang telah dibahas pada Bab IV.1 tentang Skenario Pengerukan, bahwa Sungai Kalimas memiliki lebar yang sempit. Dari data yang didapatkan lebar sungai hanya mencapai sekitar 20 meter. Hal yang harus diperhatikan adalah bagaimana gerak manuver kapal. Untuk itu diperlukan pemilihan sistem propulsi yang tepat agar kapal dapat bermanuver atau bergerak tanpa terhalang batasan tertentu.

Pada Bab IV.5 telah dipilih *main engine* Yanmar 6HYM-WET 500 HP yang memiliki spesifikasi seperti pada Gambar IV.12 sebelumnya. Di sisi lain, *main engine* juga memiliki sistem *marine gear* dengan spesifikasi seperti pada Tabel IV.16 berikut.

Tabel IV.16. Spesifikasi *Marine Gear* pada *Main Engine*

■ Marine gear specifications						
Engine model : 6HYM-WET H-rating						
Model	YXH-160			YX-16 1L		
Type	Hydraulic multi-disc clutch					
Reduction ratio (Ahead)	197	246	3.05	3.65	4.08	4.55
Direction of rotation (propeller shaft)	Clockwise or counterclockwise					
Dry weight	kg	396		620		

Terlihat jelas bahwa *main engine* dapat bergerak *forward and reverse* karena adanya *marine gear* tersebut. Maka, kapal bisa berlayar mundur jika putaran mesin dibalik. Kemudian meneruskan dari Bab IV.1 tentang Skenario Pengerukan, bahwa saat kapal telah selesai melakukan pengerukan dan muatan telah ditampung, selanjutnya kapal akan menuju ke laut untuk membuang muatan keruknya. Apabila kapal menggunakan sistem propulsi konvensional dengan *reverse direction* akan lebih memudahkan proses pelayaran kapal dibandingkan jika harus bermanuver terlebih dahulu yang jelas memakan waktu lebih lama. Berikut visualisasi keuntungan menggunakan sistem propulsi *reverse direction* dapat dilihat pada Gambar IV.10.



Gambar IV.10. Visualisasi Proses Operasi Kapal

Jadi, sistem propulsi yang dipilih adalah sistem propulsi konvensional dengan sistem *reverse direction* untuk memudahkan pelayaran kapal saat beroperasi.

IV.7. Perhitungan Berat dan Titik Berat Kapal

Proses selanjutnya adalah menghitung berat dan titik berat kapal. Seperti yang telah dibahas pada Bab II.1.6, perhitungan berat dan titik berat kapal pada Tugas Akhir ini menggunakan metode pos per pos untuk. Pos per pos digunakan untuk menghitung berat kapal kosong (*Lightweight Tonnage*). Untuk komponen-komponen lainnya cukup di rekapitulasi berdasarkan nilai berat, *Longitudinal Center of Gravity* (LCG), dan *Vertical Center of Gravity* (VCG) masing-masing komponen. Untuk menghitung berat dan titik berat kosong kapal menggunakan pos per pos, dibutuhkan sedikit perhitungan konstruksi sebagai dasar penentuan pos per pos. Pembagian *block* pada kapal juga berdasarkan ukuran pelat baja yang ada di pasaran, yakni sekitar 6 meter.

IV.7.1. Perhitungan Konstruksi

Perhitungan konstruksi kapal menggunakan dasar *Rules* dari Biro Klasifikasi Indonesia *Volume II Rules For Hull*. Sebagai catatan, perhitungan konstruksi pada Tugas Akhir ini hanya bersifat asumsi karena perhitungan pada tahap konsep desain hanyalah sebatas pendekatan. Perhitungan konstruksi secara detail dapat dilakukan apabila telah memasuki tahap *Preliminary Design*. Berikut penjabaran rumus yang digunakan dalam perhitungan konstruksi kapal:

1. Pembebanan

$$P_0 = 2,1 \cdot (C_B + 0,7) \cdot C_0 \cdot C_L \cdot f \cdot C_{RW} \quad [\text{kN/m}^2] \quad (\text{IV.18})$$

dan,

$$P_{01} = 2,6 \cdot (C_B + 0,7) \cdot C_0 \cdot C_L \quad [\text{kN/m}^2] \quad (\text{IV.19})$$

Dimana,

P_0 = *Basic external dynamic load*

P_{01} = *For wave directions transverse the ship's heading*

C_B = *Block Coefficient*

C_0 = *Wave coefficient*

$$\begin{aligned} & \left[\frac{L}{25} + 4,1 \right] c_{RW} && \text{for } L < 90 \text{ m} \\ & \left[10,75 - \left[\frac{300 - L}{100} \right]^{1,5} \right] c_{RW} && \text{for } 90 \leq L \leq 300 \text{ m} \\ & 10,75 \cdot c_{RW} && \text{for } L > 300 \text{ m} \end{aligned}$$

$C_L = \text{Length coefficient}$

$$\sqrt{\frac{L}{90}} \quad \text{for } L < 90 \text{ m}$$

$$1,0 \quad \text{for } L \geq 90 \text{ m}$$

$f = \text{Probability factor}$
 $= 1,0$, for plate panels
 $= 0,75$, for stiffeners
 $= 0,60$, for girders

$C_{RW} = \text{Service range coefficient}$
 $= 1,00$, for unlimited service range
 $= 0,90$, for service range P
 $= 0,75$, for service range L
 $= 0,60$, for service range T

$$P_B = 10 \cdot T + P_0 \cdot C_F \quad [\text{kN/m}^2] \quad (\text{IV.20})$$

dan,

$$P_{B1} = 10 \cdot T + P_{01} \cdot 2 \cdot |y|/B \quad [\text{kN/m}^2] \quad (\text{IV.21})$$

dimana,

$P_B = \text{External load of ship's bottom for wave direction with or against ship's heading}$

$P_{B1} = \text{External load of ship's bottom for wave direction transverse ship's heading}$

$T = \text{sarat kapal (m)}$

$C_F = \text{distribution factors}$ berdasarkan Tabel IV.17.

Tabel IV.17. Distribution factors C_F

	Range	Factor c_D	Factor c_F ¹⁾
A	$0 \leq \frac{x}{L} < 0,2$	$1,2 - \frac{x}{L}$	$1,0 + \frac{5}{C_B} \left(0,2 - \frac{x}{L} \right)$
M	$0,2 \leq \frac{x}{L} < 0,7$	1,0	1,0
F	$0,7 \leq \frac{x}{L} \leq 1,0$	$1,0 + \frac{c}{3} \left(\frac{x}{L} - 0,7 \right)$ $c = 0,15 L - 10$ where: $L_{\min} = 100 \text{ m}$ $L_{\max} = 250 \text{ m}$	$1,0 + \frac{20}{C_B} \left(\frac{x}{L} - 0,7 \right)^2$
¹⁾ Within the range A the ratio x/L need not be taken less than 0,1, within the range F the ratio x/L need not be taken greater than 0,93			

Dalam perhitungan pembebanan untuk sisi, pembebanan untuk geladak, dan lain sebagainya di asumsikan sama dengan pembebanan pada alas. *Statement* diambilnya pembebanan pada alas dikarenakan beban terbesar pada kapal biasanya terdapat pada alas kapal. Pada Tabel IV.18 berikut dijabarkan hasil rekapitulasi nilai variabel pembebanan:

Tabel IV.18. Nilai Variabel Pembebanan

No.	Variabel Pembebanan	Nilai
1.	C_L	0,430
2.	C_B (<i>Block Coefficient</i>)	0,612
3.	C_{RW} (<i>Sheltered Shallow Water Service</i>)	0,60
4.	C_0	2,859
5.	C_F	A = 1,82
		M = 1,00
		F = 1,33

Setelah nilai variabel pembebanan didapatkan, maka beban kapal dapat dihitung sesuai dengan rumus yang telah diberikan sebelumnya. Berikut rekapitulasi hasil pembebanan P_B , dan P_0 masing-masing dijelaskan dalam Tabel IV.19 dan Tabel IV.20.

Tabel IV.19. Nilai P_B

Pembebanan P_B	Nilai (kN/m^2)	Range
P_B untuk pelat	21,48 kN/m^2	$0 \leq x/L \leq 0,2$
P_B untuk penegar	20,56 kN/m^2	
P_B untuk penumpu	20,00 kN/m^2	
P_B untuk pelat	19,82 kN/m^2	$0,2 \leq x/L \leq 0,7$
P_B untuk penegar	19,32 kN/m^2	
P_B untuk penumpu	19,01 kN/m^2	
P_B untuk pelat	20,49 kN/m^2	$0,7 \leq x/L \leq 1$
P_B untuk penegar	19,81 kN/m^2	
P_B untuk penumpu	19,40 kN/m^2	

Tabel IV.20. Nilai Pembebanan P_0 dan P_{01}

Pembebanan P_0 dan P_{01}	Nilai (kN/m^2)
P_0 untuk pelat	2.03 kN/m^2
P_0 untuk penegar	1,52 kN/m^2
P_0 untuk penumpu	1,22 kN/m^2
P_{01}	4,20 kN/m^2

Nilai-nilai di atas selanjutnya akan digunakan untuk menghitung tebal pelat. Untuk perhitungan pembebanan secara mendetail dapat dilihat pada Lampiran B Perhitungan Analisis Teknis.

2. Tebal Pelat

Setelah mendapatkan besar nilai pembebanan, maka selanjutnya adalah menghitung tebal pelat. Karena pembebanan seluruh badan kapal diasumsikan sama dengan beban pada alas, maka perhitungan tebal pelat juga menggunakan rumus tebal pelat untuk alas. Berikut rumus menghitung tebal pelat alas:

$$t_{B1} = 1,9 \cdot n_f \cdot a \cdot \sqrt{P_B \cdot k} + t_K \quad (\text{mm}), \text{ jika panjang kapal} \leq 90 \text{ m} \quad (\text{IV.22})$$

$$t_{B2} = 1,21 \cdot a \cdot \sqrt{P_B \cdot k} + t_K \quad (\text{mm}) \quad (\text{IV.23})$$

$$t_{\min} = (1,5 - 0,01 L) \cdot \sqrt{L \cdot k} \quad (\text{mm}), \text{ jika panjang kapal} < 50 \text{ m} \quad (\text{IV.24})$$

dimana,

t_{B1}, t_{B2}, t_{\min} = tebal pelat alas

P_B = Beban pada alas (kN/m^2)

k = *material factor*, 1

$n_f = 1,00$, untuk sistem konstruksi melintang

0,83 , untuk sistem konstruksi memanjang

a = jarak penegar (m)

t_K = *corrosion addition*

$$t_K = \begin{cases} 1,5 \text{ mm} & \text{for } t' \leq 10 \text{ mm} \\ \frac{0,1 \cdot t'}{\sqrt{k}} + 0,5 \text{ mm, max. } 3,0 \text{ mm} & \text{for } t' > 10 \text{ mm} \end{cases}$$

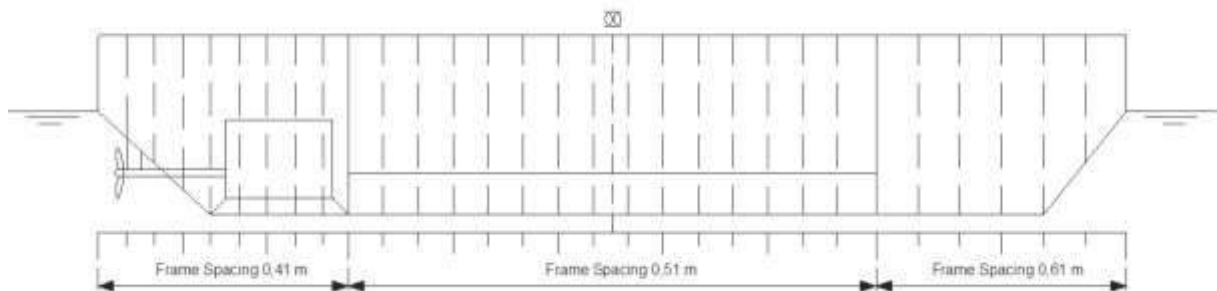
t' = *required rule thickness excluding* t_K (mm)

Nilai dari variabel untuk menghitung tebal pelat alas disajikan dalam rekapitulasi pada Tabel IV.21 berikut:

Tabel IV.21. Nilai Variabel Tebal Pelat Alas

No.	Variabel	Nilai
1.	nf (sistem konstruksi melintang)	1,00
2.	t_k ($t' < 10$ mm)	1,5 mm
3.	Jarak penegar di area $0 \leq x/L \leq 0,2$	0,41 m
	Jarak penegar di area $0,2 \leq x/L \leq 0,7$	0,51 m
	Jarak penegar di area $0,7 \leq x/L \leq 1$	0,61 m

Sesuai data yang disajikan pada Tabel IV.15 di atas, nilai jarak penegar pada tiap-tiap *range* direncanakan terlebih dahulu. Mula-mula sketsa *construction profile* digambar terlebih dahulu agar dapat diketahui letak-letak struktur konstruksi. Sketsa *construction profile* dapat dilihat pada Gambar IV.11 berikut ini:



Gambar IV.11. Sketsa *Construction Profile*

Setelah sketsa *construction profile* digambar, bersamaan dengan nilai variabel yang telah didapatkan seperti yang disajikan pada Tabel IV.15 sebelumnya maka nilai tebal pelat alas dapat dihitung. Nilai tebal pelat alas berjumlah sembilan hasil sesuai dengan banyaknya pembebanan pada *range* yang berbeda-beda. Dari sembilan hasil tebal pelat alas nantinya akan diambil yang terbesar pada masing-masing *range*.

Rekapitulasi nilai tebal pelat alas berdasarkan *range*-nya dapat dilihat pada Tabel IV.22 berikut:

Tabel IV.22. Rekapitulasi Nilai Tebal Pelat Alas

Tebal Pelat	Nilai (mm)	Range
t_{B1}	6 mm	$0 \leq x/L \leq 0,2$ Diambil = 6 mm = 0,006 m
t_{B2}	4 mm	
t_{min}	6 mm	
t_{B1}	7 mm	$0,2 \leq x/L \leq 0,7$ Diambil = 7 mm = 0,007 m
t_{B2}	5 mm	
t_{min}	6 mm	
t_{B1}	7 mm	$0,7 \leq x/L \leq 1$ Diambil 7 mm = 0,007 m
t_{B2}	5 mm	
t_{min}	6 mm	

Seperti yang telah dibahas sebelumnya bahwasanya tebal pelat alas akan digunakan untuk tebal pelat seluruh kapal (mewakili tebal pelat geladak, tebal pelat sisi, dan tebal pelat *inner bottom*) dengan *statement* beban terbesar pada kapal biasanya terdapat pada alas. Perhitungan konstruksi kapal secara detail dapat dilihat dalam Lampiran A Perhitungan Analisis Teknis.

3. Perhitungan Modulus

Setelah mendapatkan harga tebal pelat kapal, langkah selanjutnya adalah menghitung modulus. Perhitungan modulus ini juga diasumsikan pada alas, karena mengingat untuk menghitung konstruksi di awal telah dijelaskan bahwa nilai yang digunakan adalah alas. Rumus menghitung modulus menurut BKI sebagai berikut:

$$W = c \cdot T \cdot e \cdot l^2 \quad (\text{cm}^3) \quad (\text{IV.25})$$

dimana,

$e = \text{spacing of plate floor} \quad (\text{m})$

$l = \text{unsupported span} \quad (\text{m})$

$c = 7,5 \text{ for spaces which may be empty at full draught, e.g. machinery spaces, storerooms, etc.}$
 $4,5, \text{ elsewhere}$

$T = \text{sarat kapal} \quad (\text{m})$

Berikut rekapitulasi data hasil perhitungan modulus untuk setiap *block* seperti pada Tabel IV.23 berikut ini:

Tabel IV.23. Rekapitulasi Perhitungan Modulus Pada Tiap *Block*

No.	<i>Block</i>	Modulus
1.	<i>Block 1</i>	184,946 cm ³
2.	<i>Block 2</i>	114,841 cm ³
3.	<i>Block 3</i>	274,717 cm ³

Setelah nilai modulus diperoleh, selanjutnya memilih profil-profil yang dibutuhkan oleh kapal. Pemilihan ini berdasarkan katalog profil dari BKI (dapat dilihat di Lampiran A). Dengan memilih profil yang sesuai dengan harga modulus, maka didapatkan nilai luasan profil yang nantinya dapat digunakan untuk menghitung berat dan titik berat profil. Pada Tabel IV.24 berikut merupakan profil-profil yang dipilih dari katalog BKI.

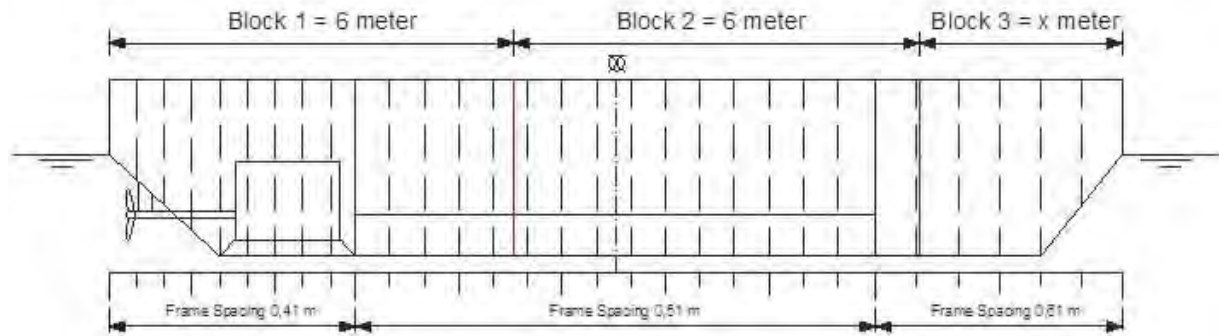
Tabel IV.24. Pemilihan Profil

No.	<i>Block</i>	Dimensi Profil	Luasan
1.	<i>Block 1</i>	L 150 x 100 x 10	0,0025 m ²
2.	<i>Block 2</i>	L 150 x 100 x 12	0,003 m ²
3.	<i>Block 3</i>	L 180 x 90 x 12	0,00324 m ²

IV.7.2. Perhitungan Berat dan Titik Berat Kapal

Perhitungan berat dan titik berat kapal kosong (*Lightweight Tonnage*) pada Tugas Akhir ini menggunakan metode pos per pos. Dalam prosesnya, mula-mula lambung kapal akan dibagi menjadi 3 (tiga) *block*. Alasannya adalah karena *range* panjang kapal yang telah dioptimisasi menggunakan metode 256 berkisar antara 13 – 16 meter dengan masing-masing *block* 1 sepanjang 6 meter, *block* 2 sepanjang 6 meter, dan *block* 3 sepanjang x meter. Khusus untuk *block* 3 memiliki nilai x meter dikarenakan ukuran utama kapal masih bersifat sementara dan dapat berubah-ubah. Dalam menghitung berat dan titik berat kapal ini, dilakukan iterasi berulang-ulang apabila terjadi perubahan ukuran akibat pengoptimisasian. Sehingga nilai x meter nantinya akan berhenti proses iterasinya apabila analisis teknis telah mendapatkan ukuran utama kapal yang sesuai.

Berikut penjelasan pembagian *block* kapal yang dapat dilihat pada Gambar IV.12 berikut:



Gambar IV.12. Pembagian *Block* Kapal Sebagai Dasar Perhitungan Pos per Pos

1. *Lightweight Tonnage* (Berat LWT)

Rekapitulasi perhitungan berat dan titik berat kapal kosong untuk *block* 1, untuk *block* 2, *block* 3, dan bangunan atas berturut-turut disajikan dalam Tabel IV.25, Tabel IV.26, Tabel IV.27, dan Tabel IV.28 sebagai berikut:

Tabel IV.25. Rekapitulasi Perhitungan Pada *Block* 1

Part	V (m ³)	W (ton)	LCG (m)	VCG (m)	Momen LCG (ton.m)	Momen VCG (ton.m)
Main Engine		2.365	4.85	0.8	11.47025	1.892
Marine Gear		0.645	5.63	0.6	3.63135	0.387
Pelat	0.0792	0.62172	4.5	2.05	2.79774	1.274526
	0.0495	0.388575	7.5	2.05	2.9143125	0.79657875
	0.1962	1.54017	3.68	0.003	5.6678256	0.00462051
	0.09324	0.731934	4.060122	0.75	2.971741573	0.5489505
	0.117	0.91845	3.85	1.3	3.5360325	1.193985
	0.0999	0.784215	6.68	1	5.2385562	0.784215
	0.10575	0.830138	2.68	0.75	2.2247685	0.622603125
	0.136875	1.074469	4.5	2.6	4.835109375	2.79361875
Stiffener	0.0505	0.396425	4.22	1.3	1.6729135	0.5153525
	0.0505	0.396425	4.63	1.3	1.83544775	0.5153525
	0.0505	0.396425	5.45	1.3	2.16051625	0.5153525
	0.0505	0.396425	5.86	1.3	2.3230505	0.5153525
	0.0505	0.396425	6.68	1.3	2.648119	0.5153525
	0.0505	0.396425	7.09	1.3	2.81065325	0.5153525
Girder	0.0381	0.299085	1.81	1.3	0.54134385	0.3888105
	0.0381	0.299085	2.83	1.3	0.84641055	0.3888105
	0.0381	0.299085	3.34	1.3	0.9989439	0.3888105
	0.0231	0.181335	5.68	0.1	1.0299828	0.0181335
	0.02961	0.232439	2.68	0.3	0.62293518	0.06973155
	0.047625	0.373856	2.32	1	0.8673465	0.37385625
	0.063125	0.495531	6.27	1	3.106980938	0.49553125
	0.063125	0.495531	5.04	1	2.4974775	0.49553125
Total		11.94417			54.14820772	13.73042794

Tabel IV.25 merupakan rekapitulasi perhitungan pada *block 1*. Dari hasil perhitungan di atas, didapatkan berat untuk *block 1* sebesar 11,94 ton, LCG *block 1* sebesar -4,533 m diukur dari *midship*, dan VCG *block 1* sebesar 1,149 m diukur dari *baseline*.

Tabel IV.26. Rekapitulasi Perhitungan Pada *Block 2*

Part	V (m ³)	W (ton)	LCG (m)	VCG (m)	Momen LCG (ton.m)	Momen VCG (ton.m)
Pelat	0.2184	1.71444	1.5	1.3	2.57166	2.228772
	0.036	0.2826	1.5	2.6	0.4239	0.73476
	0.1365	1.071525	3.85	1.3	4.12537125	1.3929825
	0.280875	2.204869	1.18	0.6	2.601745125	1.32292125
	0.315	2.47275	1.5	0.0034	3.709125	0.00840735
Stiffener	0.0381	0.299085	-1.3	1.3	-0.3888105	0.3888105
	0.0381	0.299085	-0.28	1.3	-0.0837438	0.3888105
	0.0381	0.299085	0.23	1.3	0.06878955	0.3888105
	0.0381	0.299085	1.25	1.3	0.37385625	0.3888105
	0.0381	0.299085	1.76	1.3	0.5263896	0.3888105
	0.0381	0.299085	2.78	1.3	0.8314563	0.3888105
	0.0381	0.299085	3.29	1.3	0.98398965	0.3888105
	0.065448	0.513767	4.46	1.3	2.291399928	0.66789684
Girder	0.047625	0.373856	-0.79	1	-0.295346438	0.37385625
	0.047625	0.373856	0.74	1	0.276653625	0.37385625
	0.047625	0.373856	2.27	1	0.848653688	0.37385625
	0.06741	0.529169	1.18	0.3	0.62441883	0.15875055
Total		12.00428			19.48950806	10.35773274

Tabel IV.26 merupakan rekapitulasi perhitungan pada *block 2*. Didapatkan berat untuk *block 2* sebesar 12,004 ton, LCG *block 2* sebesar 1,624 meter diukur dari *midship*, dan VCG *block 2* sebesar 0,863 meter diukur dari *baseline*.

Tabel IV.27. Rekapitulasi Perhitungan Pada *Block 3*

Part	V (m ³)	W (ton)	LCG (m)	VCG (m)	Momen LCG (ton.m)	Momen VCG (ton.m)
Pelat	0.097552	0.7657832	5.4	1.3	4.13522928	0.99551816
	0.031339	0.24601115	6.9	1.4	1.697476935	0.34441561
	0.049225	0.38641625	5.4	2.6	2.08664775	1.00468225
	0.02695	0.2115575	7.5	2.6	1.58668125	0.5500495
	0.047285	0.37118725	6.9	0.75	2.561192025	0.278390438
	0.068915	0.54098275	5.4	0.0034	2.92130685	0.001839341
Stiffener	0.057024	0.4476384	5.07	1	2.269526688	0.4476384
	0.039528	0.3102948	6.29	1	1.951754292	0.3102948
	0.0346032	0.27163512	6.9	1	1.874282328	0.27163512
Girder	0.0126	0.09891	6.29	0.3	0.6221439	0.029673
	0.07128	0.559548	5.68	1	3.17823264	0.559548
Total		4.20996442			24.88447394	4.793684619

Pada Tabel IV.27 dijelaskan tentang perhitungan pada *block 3* dan didapatkan berat untuk *block 3* sebesar 4,21 ton, LCG *block 3* sebesar 5,91 meter diukur dari *midship*.

Tabel IV.28. Perhitungan Berat dan Titik Berat Bangunan Atas

Part	V (m ³)	W (ton)	LCG (m)	VCG (m)	Momen LCG (ton.m)	Momen VCG (ton.m)
Atap	0.01587	0.12458	-5.4	4.4	-0.6727293	0.5481498
	0.06348	0.498318	-5.4	3	-2.6909172	1.494954
Total		0.622898			-3.3636465	2.0431038

Pada Tabel IV.28 menjelaskan tentang rekapitulasi perhitungan berat dan titik berat bangunan atas. Dari perhitungan di atas didapatkan berat bangunan atas sebesar 0,623 ton, LCG bangunan atas -5,4 meter diukur dari *midship*, dan VCG bangunan atas sebesar 3,28 meter diukur dari *baseline*.

2. Berat *Backhoe Module*

Self-Propelled Backhoe Dredger pada Tugas Akhir ini menggunakan *Backhoe* merk Komatsu PC 200-7. Alasan menggunakan jenis dan merk *Backhoe* tersebut adalah karena Komatsu PC 200-7 adalah *Backhoe* yang biasanya digunakan untuk mengeruk sungai kalimas seperti yang dapat dilihat pada Gambar IV.13 dibawah ini:



Sumber: Antarajatim, 2017

Gambar IV.13. *Backhoe* Yang Sering Digunakan Untuk Mengeruk Sungai Kalimas

Jadi, spesifikasi *Backhoe Module* dari Komatsu PC 200-7 diberikan pada Gambar IV. 14 berikut ini:

PC200-7 HYDRAULIC EXCAVATOR			
DIMENSIONS			
	Overall Length	2415 mm	7'11"
A	Overall length	4600 mm	15'1"
B	Length over ground (transport)	3700 mm	12'0"
C	Overall length (to tip of boom)	3300 mm	10'8"
D	Overall width	3000 mm	9'10"
E	Overall height (to top of cab)	3000 mm	9'10"
F	Overall height (to top of boom)	1000 mm	3'3"
G	Overall height (to top of boom)	440 mm	1'5"
H	Track width	2750 mm	9'0"
I	Track length over ground	12700 mm	41'6"
J	Track length	4000 mm	13'1"
K	Track gauge	2250 mm	7'5"
L	Width of ground	3000 mm	9'10"
M	Side width	400 mm	1'3"
N	Side height	20 mm	0'8"
O	Machine cab height	2000 mm	6'7"
P	Machine cab width	2700 mm	8'11"
Q	Machine cab length	2700 mm	8'11"

Gambar IV.14. Spesifikasi Komatsu PC 200-7

Dengan adanya spesifikasi tersebut, maka informasi tentang berat komponen dari *Backhoe* dapat diketahui dengan mudah. Berikut rekapitulasi data berat dan perencanaan titik berat dari *Backhoe* disajikan dalam Tabel IV.29 :

Tabel IV.29. Rekapitulasi Berat dan Perencanaan Titik Berat *Backhoe Module*

No.	Variabel	Nilai
1.	W (ton)	20 ton
2.	LCG (m) diukur dari <i>midship</i>	5,5 m
3.	VCG (m) diukur dari <i>baseline</i>	3 m

3. *Spud*

Spud adalah komponen *equipment* untuk kegiatan pengerukan yang fungsinya seperti jangkar untuk menjaga stabilitas kapal keruk saat sedang beroperasi. Pada kapal jenis *Backhoe Dredger spud* umumnya berbentuk *square piles* bermaterial baja.

Berikut perencanaan *Spud* pada *Self-Propelled Backhoe Dredger*:

- Luas Penampang = 0,1681 m²
- Panjang *Spud* = 6 meter
- Jumlah *Spud* = 2 buah
- Berat *Spud* = 15,835 ton
- LCG diukur dari *midship* = -6,2 m
- VCG diukur dari *baseline* = 3 m

4. Berat Sistem Propulsi

Seperti yang telah dijelaskan dalam Bab II.1.6, bahwa menghitung berat sistem propulsi digunakan rumus sebagai berikut:

- Berat *Main Engine*

Berat disesuaikan dengan katalog mesin.

- Berat *Propeller*

$$W_{\text{prop}} = D^3 \times K \times V \quad (\text{IV.26})$$

Dimana,

$$K = 0.18 (A_E/A_0) - (z - 2)/100 \quad (\text{IV.27})$$

$$V = 0,01 \times D^3 \quad (\text{IV.28})$$

$$D = (0,6T + 0,65T)/2 \quad (\text{IV.29})$$

z = Jumlah daun baling-baling

A_E/A_0 = Perbandingan antara luas *propeller expanded* dengan luas lingkaran

- Berat *Shaft*

$$W_{shaft} = (M / L_s) \times L_s \quad (IV.30)$$

Dimana,

L_s = Panjang *shaft*

$$L_s = 0,081 \times (P_D / n)^{2/3} \quad (IV.31)$$

Dari rumus yang diberikan di atas, maka didapatkan berat propulsi sebesar 0,55 ton. Sedangkan untuk perencanaan letak LCG sistem propulsi kapal sebesar -7,5 meter diukur dari *midship*, dan VCG sistem propulsi kapal sebesar 0,6 meter diukur dari *baseline*.

5. Berat Navigasi

Berat navigasi *Self-Propelled Backhoe Dredger* diasumsikan sebesar 0,15 ton. Sedangkan untuk perencanaan LCG navigasi sebesar -6,2 meter terhadap *midship*, dan VCG navigasi sebesar 3,28 meter diukur dari *baseline*.

6. Berat *Crew*

Untuk *crew* kapal direncanakan berjumlah 2 (dua) orang. Diasumsikan berat per orang sebesar 80 kg. Maka berat untuk dua orang *crew* kapal sebesar 160 kg atau 0,16 ton. Untuk perencanaan letak LCG dan VCG *crew*, untuk *crew* 1 memiliki LCG -6,2 meter diukur dari *midship* dan VCG 3,28 meter diukur dari *baseline*. Peletakan posisi *crew* 1 ini sama dengan peletakan posisi LCG dan VCG pada bangunan atas, karena *crew* 1 direncanakan sedang mengoperasikan kapal di ruang navigasi. Sedangkan untuk peletakan posisi *crew* 2 memiliki LCG 6,25 meter diukur dari *midship* dan VCG sebesar 3 meter diukur dari *baseline*. Peletakan posisi untuk *crew* 2 ini sama dengan peletakan LCG dan VCG pada *Backhoe Module* karena *crew* 2 direncanakan sedang mengoperasikan *Backhoe*. Berikut rekapitulasi data untuk berat *crew* yang disajikan dalam Tabel IV.30 berikut ini:

Tabel IV.30. Rekapitulasi Berat dan Titik Berat *Crew*

No.	<i>Crew</i>	Berat	LCG (m)	VCG (m)
1.	<i>Crew</i> 1	80 kg	-6,2 m	3,28 m
2.	<i>Crew</i> 2	80 kg	6,25 m	3 m

7. Berat *Fuel Oil*

Untuk menghitung berat *Fuel Oil* (FO) didasarkan pada kebutuhan konsumsi bahan bakar *main engine*, genset, dan *Backhoe*. Maka, berat *Fuel Oil* dirumuskan sebagai berikut:

$$W_{FO} = \text{Berat FO Backhoe} + \text{Berat FO M.E} + \text{Berat FO Genset}$$

Berat FO yang dibutuhkan:

- *Main engine* = 0,11 ton
- Genset = 0,067 ton
- *Backhoe* = 0,471 ton

Jadi, Berat total *Fuel Oil* (W_{FO}) sebesar 0,648 ton. Sedangkan untuk perencanaan LCG FO sebesar -5,2 meter diukur dari *midship*, dan VCG FO sebesar 0,8 meter diukur dari *baseline*.

8. Berat Generator Set

Seperti yang telah dibahas pada Sub Bab IV.5, spesifikasi genset yang didapat dari katalog memiliki berat 0,041 ton. Lalu untuk perencanaan LCG genset sebesar -5,2 meter diukur dari *midship* dan VCG genset sebesar 0,213 meter diukur dari *baseline*.

Semua data tentang komponen berat dan perencanaan titik berat kapal yang telah didapatkan akan digunakan untuk menyelesaikan tahap Trim dan Stabilitas (akan dijelaskan pada Sub Bab IV.9) dengan bantuan *software Maxsurf Stability Enterprise*.

IV.8. Perhitungan Lambung Timbul (*Freeboard*)

Seperti yang telah dibahas pada Bab II.1.7, bahwa perhitungan lambung timbul kapal pada Tugas Akhir ini berdasarkan *Korean Register Rules*. Alasan menggunakan rumus dari *Korean Register Rules* adalah kapal keruk berbentuk tongkang (*barge*). Dan dikarenakan beberapa proses perhitungan menggunakan bantuan *software Maxsurf* dimana untuk menghitung tongkang, *Maxsurf* juga menggunakan *Korean Register Rules*. Berikut review rumus dari Bab II.1.7 untuk menghitung lambung timbul kapal tongkang:

$$F = \frac{10(0,68 + C_b)K}{1,36} \quad (\text{IV.32})$$

Dimana,

F = *Freeboard* (mm)

C_b = *Block Coefficient*, tidak boleh kurang dari 0,68

K = nilai sesuai dengan Tabel IV.31.

Tabel IV.31. Nilai K Berdasarkan Jenis Tongkang

<i>Type of Barges</i>		K
L < 50 m	<i>Cargo Barges</i>	0,8 L
	<i>Oil Barges</i>	0,5 L
L ≥ 50 m	<i>Cargo Barges</i>	$(L/10)^2 + (L/10) + 10$
	<i>Oil Barges</i>	$0,8(L/10)^2 + (L/10)$
(Note) L : Length of Barges (m)		

Sumber: *Korean Register Rules*, 2010

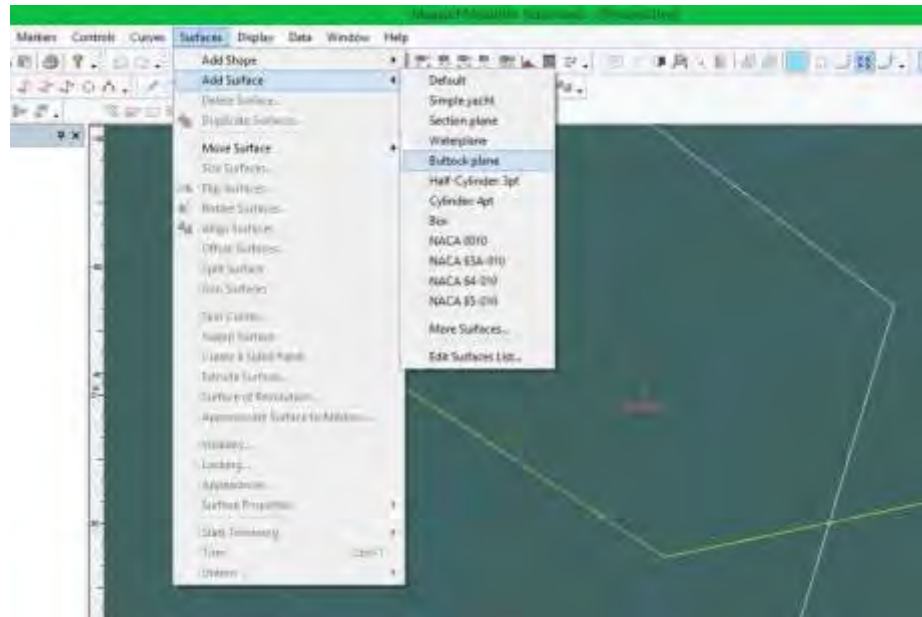
Maka hasil dari perhitungan lambung timbul kapal (*freeboard*) sebesar 126,136 mm. Untuk perhitungan lambung timbul kapal yang disajikan dalam *sheet Ms. Excel* dapat dilihat pada Lampiran B Perhitungan Analisis Teknis.

IV.9. Trim dan Stabilitas

Dalam menghitung trim dan stabilitas kapal keruk ini dilakukan dengan bantuan *software Maxsurf Stability Enterprise*. Perhitungan trim dan stabilitas nantinya akan disesuaikan dengan peraturan *Intact Stability 2008 (IS Code)*. Mula-mula untuk menghitung trim dan stabilitas menggunakan *Maxsurf Stability Enterprise*, haruslah dibuat model 3D terlebih dahulu. Seperti yang telah dibahas dalam Bab IV.3 bahwa ukuran kapal bersifat sementara, maka pembuatan model 3D juga menggunakan ukuran utama dari total 256 ukuran utama kapal yang telah dihitung. Dari sekian banyak ukuran utama kapal, akan dipilih yang memenuhi persyaratan trim dan stabilitas yang telah ditentukan oleh *IS Code*. Namun dalam Bab ini, ukuran utama yang digunakan adalah ukuran utama kapal yang telah dipilih.

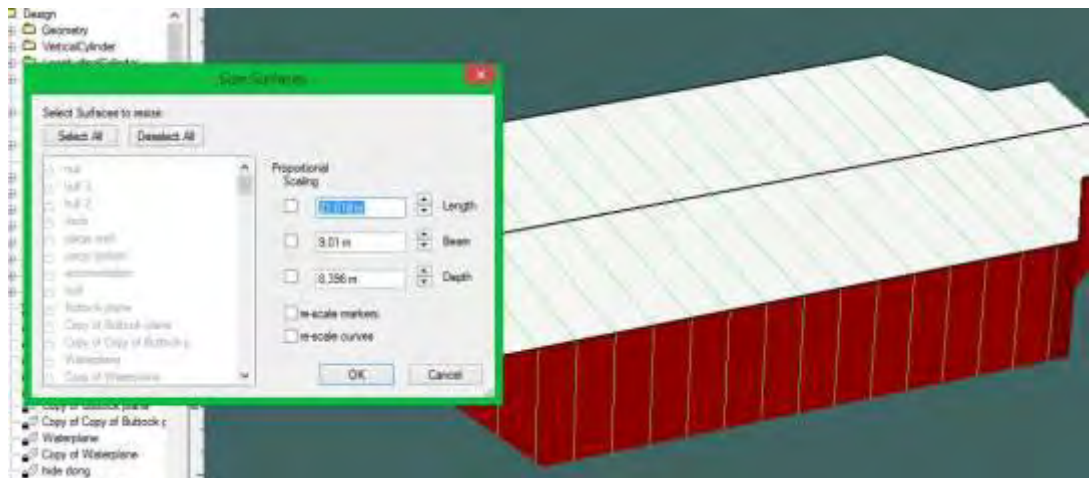
Untuk membuat model 3D lambung kapal, digunakan *software Maxsurf Modeler Advanced* (untuk pembuatan model 3D lambung kapal secara detail akan dibahas pada Bab IV.14 tentang Desain 3D Kapal). Berikut penjabaran singkat cara untuk membuat model 3D lambung kapal menggunakan *Maxsurf Modeler Advanced*:

1. Pembuatan model 3D lambung kapal diawali dengan pembuatan *surface* per *surface*. Pemilihan jenis, jumlah, *stiffness* pada *Surface* yang digunakan dapat disesuaikan dengan keinginan dan desain. Gambar IV.15 adalah bagaimana cara memilih *surface*.



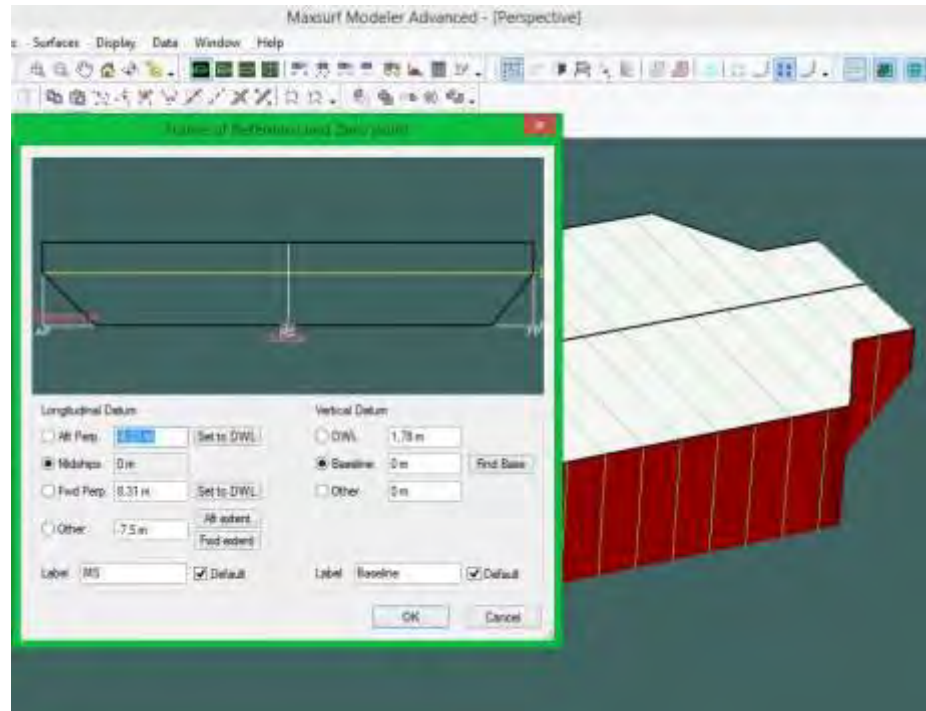
Gambar IV.15. Pemilihan *Surface*

2. Data-data yang harus dimasukkan ke proses desain meliputi L, B, H, dan T kapal. Kemudian bentuk badan kapal dapat mulai dirancang. Gambar IV.16 di bawah ini menjelaskan bagaimana mengatur ukuran lewat menu *Size Surface*:



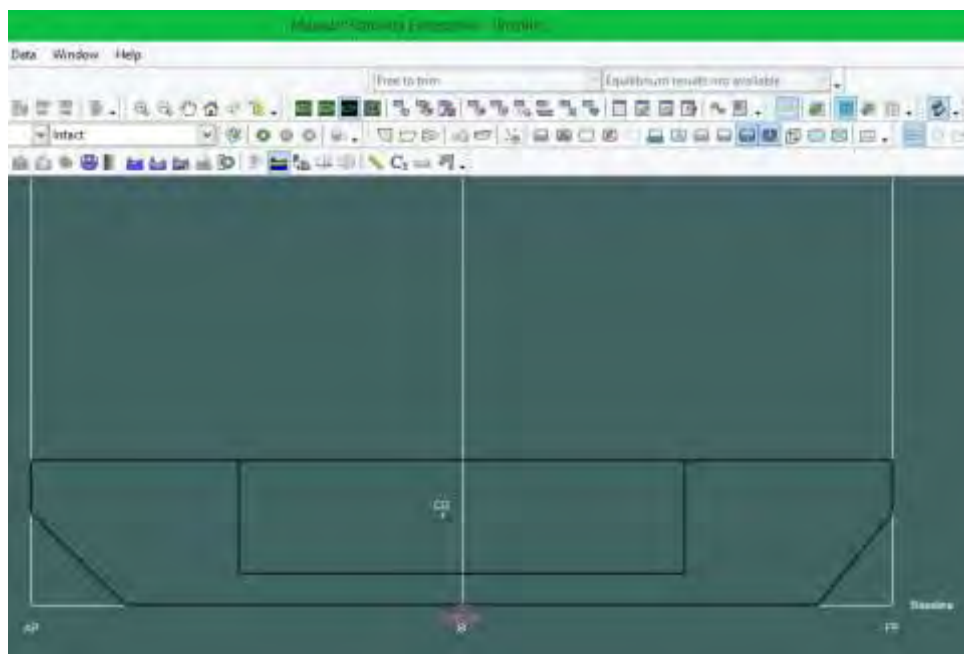
Gambar IV.16. Cara Memasukkan Nilai Ukuran Utama Model (L, B, dan H)

3. Khusus untuk memasukkan nilai T kapal, digunakan menu *frame of reference* dan memasukkan nilai T pada kolom DWL seperti pada Gambar IV.17 di bawah ini:



Gambar IV.17. Cara Memasukkan Nilai Sarat Kapal

4. Setelah data ukuran utama kapal telah di-*input* dan model desain telah dibuat, maka *file* dapat disimpan. Kemudian *file* yang telah disimpan tadi dibuka ulang di *Maxsurf Stability Enterprise* seperti pada Gambar IV.18 berikut.



Gambar IV.18. Model Dibuka di *Maxsurf Stability Enterprise*

Setelah model telah dibuka di *Maxsurf Stability Enterprise*, maka selanjutnya proses perhitungan trim dan stabilitas dapat dilakukan. Berikut uraian singkat langkah-langkah proses perhitungan trim dan stabilitas menggunakan *Maxsurf Stability Enterprise*:

1. Dalam proses perhitungan, mula-mula dibutuhkan *loadcase-loadcase* dengan berbagai kondisi. *Loadcase* tersebut berasal dari data perhitungan berat yang telah dihitung (dapat dilihat kembali rekapitulasi data di Bab IV.7.3). Memasukkan data-data *loadcase* diawali pada menu *Loadcase Window* lalu buat *New Loadcase*. Cara memasukkan data-data tersebut dapat dilihat pada Gambar IV.19 berikut ini:

Item Name	Quantity	Unit Mass (kg)	Total Mass (kg)	Unit Volume (m³)	Item Name	Horiz. Arm (m)	Vert. Arm (m)	Total FSH (kg)	FSH Type
Backhoe Module	1	20.000	20.000			8.240	0.000	0.000	User Specif
Pos 1	1	11.044	11.044			-4.373	0.000	0.000	User Specif
Pos 2	1	12.094	12.094			1.028	0.000	0.000	User Specif
Pos 3	1	4.210	4.210			0.911	0.000	0.000	User Specif
Spuds	1	15.803	15.803			-0.586	0.000	0.000	User Specif
Superstructure	1	8.623	8.623			-0.200	0.000	0.000	User Specif
Main Engine	1	2.385	2.385			-5.200	0.000	0.000	User Specif
Hydraulic	1	94.800	94.800			-0.700	0.000	0.000	User Specif
Propulsion	1	0.550	0.550			-7.500	0.000	0.000	User Specif
Diesel	1	0.041	0.041			-5.200	0.000	0.000	User Specif
Mangrove	1	0.200	0.200			-0.200	0.000	0.000	User Specif
Fuel Oil	1	0.800	0.800			-5.200	0.000	0.000	User Specif
Drive 1	1	0.000	0.000			-0.200	0.000	0.000	User Specif
Drive 2	1	0.000	0.000			0.200	0.000	0.000	User Specif
Total Loadcase			182.562	0.000				0.000	
FSH correction								0.000	
VCG Point								0.000	

Gambar IV.19. Tabel *Loadcase Window*

2. Pada Tugas Akhir ini, direncanakan terdapat 8 (delapan) kondisi *loadcase* yang akan dihitung. Dimana 8 (delapan) kondisi tersebut antara lain, kondisi *Full Load*, kondisi *75% Full Load*, *50% Full Load*, *25% Full Load*, kondisi kapal kosong (hanya tongkang), kondisi kapal kosong (dengan *Backhoe module* dan *Spuds*), kondisi *Install* dan *Uninstall* kapal.
3. Setelah data-data *loadcase* dimasukkan sesuai dengan kondisi masing-masing, maka proses perhitungan mulai dapat dilakukan dengan memilih menu *Start Analysis* seperti yang dapat dilihat pada Gambar IV.20.

Item Name	Quantity	Unit Mass (kg)	Total Mass (kg)	Unit Volume (m³)	Item Name	Horiz. Arm (m)	Vert. Arm (m)	Total FSH (kg)	FSH Type
Pos 1	1	11.044	11.044			-4.373	0.000	0.000	User Specif
Pos 2	1	12.094	12.094			1.028	0.000	0.000	User Specif
Pos 3	1	4.210	4.210			0.911	0.000	0.000	User Specif
Main Engine	1	2.385	2.385			-5.200	0.000	0.000	User Specif
Superstructure	1	8.623	8.623			-0.200	0.000	0.000	User Specif
Spuds	1	15.803	15.803			-0.586	0.000	0.000	User Specif
Propulsion	1	0.550	0.550			-7.500	0.000	0.000	User Specif
Diesel	1	0.041	0.041			-5.200	0.000	0.000	User Specif
Mangrove	1	0.200	0.200			-0.200	0.000	0.000	User Specif
Fuel Oil	1	0.800	0.800			-5.200	0.000	0.000	User Specif
Drive 1	1	0.000	0.000			-0.200	0.000	0.000	User Specif
Drive 2	1	0.000	0.000			0.200	0.000	0.000	User Specif
Total Loadcase			88.296	0.000				0.000	
FSH correction								0.000	
VCG Point								0.000	

Gambar IV.20. Menu *Start Analysis* Untuk Memulai Perhitungan

- Setelah proses perhitungan dilakukan, maka hasil trim dan stabilitas kapal dapat dilihat dan kemudian disesuaikan dengan syarat yang telah ditentukan oleh IMO.

IV.9.1. Kondisi Kapal Kosong (Hanya Tongkang)

Kondisi kapal kosong ini hanya berupa tongkang tanpa *dredging equipments* atau dalam kondisi *uninstall*. Beban-beban pada kondisi ini lebih sedikit dari beban pada kondisi-kondisi yang lain. Berikut proses perhitungan untuk kondisi ini:

- Mula-mula dimasukkan data-data beban dari komponen yang ada (diambil dari hasil perhitungan berat dan titik berat). Data-data yang dibutuhkan untuk beban-beban pada komponen tersebut antara lain berat komponen, LCG komponen, VCG komponen, dan TCG komponen (jika ada). *Input* data beban dapat dilihat pada Gambar IV.21 berikut:

#	Item Name	Quantity	Unit Mass (tonne)	Total Mass (tonne)	Unit Volume (m³)	Total Volume (m³)	Long. Arm (m)	Trans. Arm (m)	Vert. Arm (m)	Total FSM (tonne/m)	FSM Type
1	Pile 1	1	11,944	11,944			-4,733	0,000	1,149	0,000	User Specifi
2	Pile 2	1	12,094	12,094			1,625	0,000	0,000	0,000	User Specifi
3	Pile 3	1	4,210	4,210			5,011	0,000	1,139	0,000	User Specifi
4	Main Engine	1	2,365	2,365			-5,000	0,000	0,000	0,000	User Specifi
5	Superstructure	1	0,623	0,623			-6,200	0,000	0,000	0,000	User Specifi
6	Propulsion	1	0,263	0,263			-7,500	0,000	0,000	0,000	User Specifi
7	Deck	1	0,041	0,041			-5,200	0,000	0,000	0,000	User Specifi
8	Navigation	1	0,300	0,300			-6,300	0,000	0,000	0,000	User Specifi
9	Fuel Oil	1	0,050	0,050			-6,200	0,000	0,000	0,000	User Specifi
10	Crew 1	1	0,080	0,080			-6,200	0,000	0,000	0,000	User Specifi
11	Crew 2	1	0,080	0,080			-6,200	0,000	0,000	0,000	User Specifi
12	Total Loadcase			32,480	0,000	0,000	-9,903	0,000	1,007	0,000	
13	FS correction								0,000	0,000	
14	VCG fluid								1,007	0,000	

Gambar IV.21. *Input* Data Beban Kondisi Kapal Kosong Tanpa *Dredging Equipments*

- Setelah beban dimasukkan, selanjutnya dilakukan proses analisis dengan memilih menu *Start Analysis*. Tabel IV.32 berikut merupakan hasil rekapitulasi pemenuhan kriteria trim dan stabilitas menurut IMO.

Tabel IV.32. Rekapitulasi Pemenuhan Kriteria Kondisi Kapal Kosong Tanpa *Dredging Equipments*

No.	Criteria	Syarat	Value	Status
1.	Area 0 to 30	Value $\geq 0,055$ m.rad	1,239 m.rad	Pass
2.	Area 0 to 40	Value $\geq 0,090$ m.rad	1,716 m.rad	Pass
3.	Area 30 to 40	Value $\geq 0,030$ m.rad	0,476 m.rad	Pass
4.	Max GZ at 30 or greater	Value $\geq 0,200$ m.rad	2,819 m.rad	Pass
5.	Angle of maximum GZ	Value $\geq 25^0$	16,4 ⁰	Fail
6.	Initial GMt	Value $\geq 0,150$ m	24,13 m	Pass
7.	Severe wind and rolling	Value $\leq 16^0$	1,8 ⁰	Fail
8.	GZ area : to Max GZ	Value ≥ 0.08 m.rad	0,560 m.rad	Pass
9.	Angle of equilibrium ratio	Value $\leq 50\%$	0%	Pass

3. Untuk hasil perhitungan trim pada kondisi ini dapat dilihat pada Tabel IV.33 berikut ini:

Tabel IV.33. Hasil Rekapitulasi Pemenuhan Trim Kondisi Kapal Kosong Tanpa *Dredging Equipments*

	<i>Criteria</i>	0,5% L_{wl}	<i>Value</i>	<i>Status</i>
Trim	$Value \leq 0,5\% L_{wl}$	0,08 m	0,285 m	<i>Fail</i>

Dari hasil perhitungan yang telah dilakukan, kapal mengalami trim buritan sebesar 0,285 m, dan ada beberapa kriteria yang gagal dipenuhi. Hal tersebut dikarenakan kapal pada kondisi ini direncanakan bukan untuk operasi pelayaran, melainkan untuk proses *Install or Uninstall* pada *dredging equipments*. Jadi, untuk kriteria yang masih gagal tidak dipermasalahkan karena kapal tidak sedang berlayar. Untuk perhitungan trim dan stabilitas kapal pada kondisi ini lebih detail dapat dilihat pada Lampiran B Perhitungan Analisis Teknis.

IV.9.2. Kondisi Kapal Kosong dengan *Backhoe Installation*

Kondisi kapal kosong dengan *Backhoe installation* adalah kondisi saat tongkang mulai dipasang *dredging equipment* berupa *Backhoe module*. Skenario ini perlu diperhitungkan untuk memastikan bahwa pada proses *installation* tidak gagal. Hal yang perlu diperhatikan untuk kondisi ini adalah trim kapal. Walau kemungkinan besar trim kapal tidak akan memenuhi kriteria yang ditentukan oleh IMO, tetapi setidaknya perbedaan trim tidak boleh terlalu besar agar kapal tidak mengalami *capsize*.

Pada Tabel IV.34 berikut, diberikan hasil perhitungan trim pada kondisi kapal kosong dengan *Backhoe installation*:

Tabel IV.34. Hasil Perhitungan Trim Kondisi Kapal Kosong dengan *Backhoe Installation*

	<i>Criteria</i>	0,5% L_{wl}	<i>Value</i>	<i>Status</i>
Trim	$Value \leq 0,5\% L_{wl}$	0,08 m	-0,850 m	<i>Fail</i>

Dari Tabel IV.34 di atas, diketahui kapal pada kondisi ini mengalami trim haluan sebesar 0,850 meter. Nilai tersebut setidaknya masih dapat menjaga kapal agar kapal tidak mengalami *capsize* dan bagian buritan kapal masih tercelup air. Gambar IV.22 di bawah ini menjelaskan kondisi trim kapal.



Gambar IV.22. Kondisi Trim Kapal Kosong dengan *Backhoe Installation*

Hasil rekapitulasi perhitungan pada kondisi ini secara detail dilampirkan dalam Lampiran B Perhitungan Analisis Teknis.

IV.9.3. Kondisi Kapal Kosong dengan *Spuds Installation*

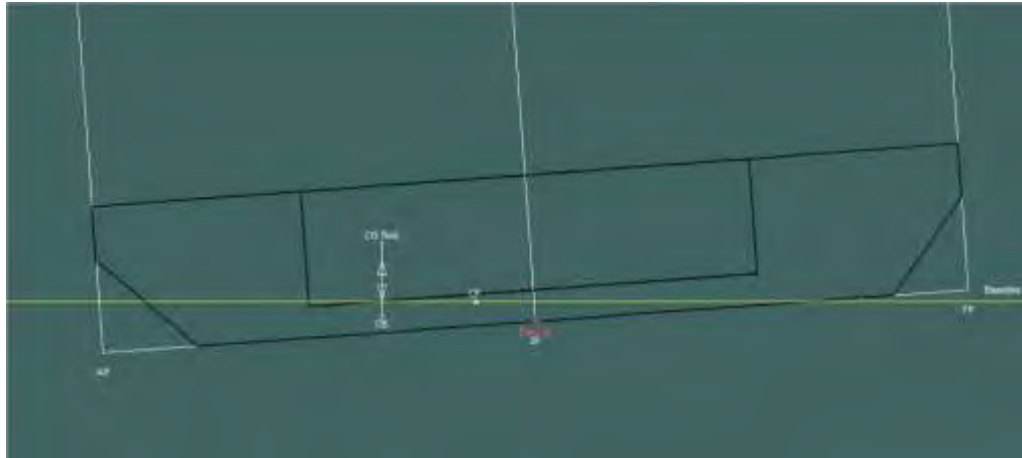
Kondisi kapal kosong dengan *Spuds installation* adalah kondisi saat tongkang mulai dipasang *dredging equipment* berupa *Spud* sebanyak 2 (buah). Sama seperti Bab IV.9.2 sebelumnya, Skenario ini perlu diperhitungkan untuk memastikan bahwa pada proses *installation* tidak gagal. Hal yang perlu diperhatikan untuk kondisi ini adalah trim kapal. Walau kemungkinan besar trim kapal tidak akan memenuhi kriteria yang ditentukan oleh IMO, tetapi setidaknya perbedaan trim tidak boleh terlalu besar agar kapal tidak mengalami *capsize*.

Pada Tabel IV.35 berikut, diberikan hasil perhitungan trim pada kondisi kapal kosong dengan *Spuds installation*:

Tabel IV.35. Hasil Perhitungan Trim Pada Kondisi Kapal Kosong dengan *Spuds Installation*

	<i>Criteria</i>	0,5% L_{wl}	<i>Value</i>	<i>Status</i>
Trim	$Value \leq 0,5\% L_{wl}$	0,08 m	1,212 m	<i>Fail</i>

Dari Tabel IV.35 di atas, diketahui kapal pada kondisi ini mengalami trim buritan sebesar 1,212 meter. Nilai tersebut dianggap berbahaya untuk kapal, karena nilai trim terlalu besar. Selain itu, bagian haluan kapal terangkat melewati batas garis air. Gambar IV.23 di bawah ini menjelaskan kondisi trim kapal pada kondisi ini.



Gambar IV.23. Kondisi Trim Kapal Kosong dengan *Backhoe Installation*

Jadi, untuk kondisi kapal kosong dengan *spuds installation* sangat disarankan untuk tidak dilakukan karena dapat menyebabkan kapal *capsize*. Untuk rekapitulasi perhitungan pada kondisi ini secara detail dilampirkan dalam Lampiran B Perhitungan Analisis Teknis.

IV.9.4. Kondisi Kapal Kosong dengan *Dredging Equipments (Backhoe dan Spuds)*

Kondisi kapal kosong dengan *dredging equipments* merupakan kondisi dimana *dredging equipments* pada kapal telah terpasang. *Dredging equipments* terdiri dari 1 (satu) buah *Backhoe module* dan 2 (dua) buah *Spud*. Kondisi ini sangat perlu diperhitungkan terutama untuk trim dan stabilitasnya karena kondisi ini merupakan kondisi saat kapal berlayar dan beroperasi. Maka saat proses perhitungan, kriteria-kriteria dari IMO haruslah dipenuhi. Berikut proses perhitungan untuk kondisi ini:

1. Mula-mula dimasukkan data-data beban dari komponen yang ada (diambil dari hasil perhitungan berat dan titik berat). Data-data yang dibutuhkan untuk beban-beban pada komponen tersebut antara lain berat komponen, LCG komponen, VCG komponen, dan TCG komponen (jika ada). *Input* data beban dapat dilihat pada Gambar IV.24 berikut:

Item No	Item Name	Quantity	Unit Mass tonne	Total Mass tonne	Unit Volume m³	Total Volume m³	Long. Arm m	Trans. Arm m	Vert. Arm m	Total FSM tonne.m	FSM Type
1	Pos 1	1	11.944	11.944			-4.233	0.000	1.149	0.000	User Specifi
2	Pos 2	1	12.054	12.054			1.625	0.000	0.802	0.000	User Specifi
3	Pos 3	1	4.210	4.210			5.911	0.000	1.139	0.000	User Specifi
4	Main Engine	1	2.385	2.385			-5.800	0.000	0.000	0.000	User Specifi
5	Superstructure	1	0.823	0.823			-8.200	0.000	3.282	0.000	User Specifi
6	Backhoe Module	1	20.000	20.000			-6.250	0.000	3.000	0.000	User Specifi
7	Spuds	1	15.835	15.835			-6.500	0.000	3.000	0.000	User Specifi
8	Propulsion	1	0.263	0.263			-7.500	0.000	0.000	0.000	User Specifi
9	Genset	1	0.041	0.041			-5.200	0.000	0.212	0.000	User Specifi
10	Navigation	1	0.200	0.200			-8.200	0.000	3.282	0.000	User Specifi
11	Fuel Oil	1	0.050	0.050			-8.200	0.000	0.000	0.000	User Specifi
12	Crew 1	1	0.080	0.080			-8.200	0.000	3.282	0.000	User Specifi
13	Crew 1	1	0.080	0.080			-8.250	0.000	3.000	0.000	User Specifi
14	Total Loadings			88.295	0.000	0.000	-8.149	0.000	2.081	0.000	
15	FS correction									8.800	
16	VCG fluid								2.081		

Gambar IV.24. *Input* Data Beban Kondisi Kapal Kosong dengan *Dredging Equipments*

- Setelah beban dimasukkan, selanjutnya dilakukan proses analisis dengan memilih menu *Start Analysis*. Tabel IV.36 berikut merupakan hasil rekapitulasi pemenuhan kriteria trim dan stabilitas menurut IMO.

Tabel IV.36. Rekapitulasi Pemenuhan Kriteria Kondisi Kapal Kosong dengan *Dredging Equipments*

No.	Criteria	Syarat	Value	Status
1.	Area 0 to 30	Value $\geq 0,055$ m.rad	0,811 m.rad	Pass
2.	Area 0 to 40	Value $\geq 0,090$ m.rad	11,479 m.rad	Pass
3.	Area 30 to 40	Value $\geq 0,030$ m.rad	0,337 m.rad	Pass
4.	Max GZ at 30 or greater	Value $\geq 0,200$ m.rad	2.009 m.rad	Pass
5.	Angle of maximum GZ	Value $\geq 25^0$	26,4 ⁰	Pass
6.	Initial GMt	Value $\geq 0,150$ m	10,297 m	Pass
7.	Severe wind and rolling	Value $\leq 16^0$	1,5 ⁰	Pass
8.	GZ area : to Max GZ	Value ≥ 0.08 m.rad	0,683 m.rad	Pass
9.	Angle of equilibrium ratio	Value $\leq 50\%$	0%	Pass

- Untuk hasil perhitungan trim pada kondisi ini dapat dilihat pada Tabel IV.37 berikut ini:

Tabel IV.37. Hasil Rekapitulasi Pemenuhan Trim Kondisi Kapal Kosong dengan *Dredging Equipments*

	Criteria	0,5% L _{wl}	Value	Status
Trim	Value $\leq 0,5\%$ L _{wl}	0,08 m	0,048 m	Pass

Dari hasil perhitungan yang telah dilakukan, kapal mengalami trim buritan sebesar 0,048 meter, dan semua kriteria telah dipenuhi. Dapat dilihat juga kondisi kapal pada Gambar IV.25 berikut ini:



Gambar IV.25. Kondisi Trim Kapal Kosong dengan *Dredging Equipments*

Jadi, dapat dikatakan bahwa trim dan stabilitas pada kondisi kapal kosong dengan *dredging equipments* aman. Untuk perhitungan trim dan stabilitas kapal pada kondisi ini lebih detail dapat dilihat pada Lampiran B Perhitungan Analisis Teknis.

IV.9.5. Kondisi 25% Full Load

Kondisi ini merupakan kondisi dimana kapal dengan segala perlengkapannya membawa muatan sebesar 25% dari total muatan penuh.. Kondisi ini juga sangat perlu diperhitungkan terutama untuk trim dan stabilitasnya karena kondisi ini merupakan kondisi saat kapal berlayar dan beroperasi. Maka saat proses perhitungan, kriteria-kriteria dari IMO haruslah dipenuhi. Berikut proses perhitungan untuk kondisi ini:

1. Mula-mula dimasukkan data-data beban dari komponen yang ada (diambil dari hasil perhitungan berat dan titik berat). Data-data yang dibutuhkan untuk beban-beban pada komponen tersebut antara lain berat komponen, LCG komponen, VCG komponen, dan TCG komponen (jika ada). *Input* data beban dapat dilihat pada Gambar IV.26 berikut:

Item Name	Quantity	Unit Mass kg/mm	Total Mass kg/mm	Unit Volume m³	Total Volume m³	Long Arm m	Trans Arm m	Vert Arm m	Total F500 kg/mm	F500 Type
Backhoe Machine	1	10,000	10,000			8,250	0,000	3,000	0,000	User Specif
Pos 1	1	11,944	11,944			-4,430	0,000	1,140	0,000	User Specif
Pos 2	1	12,034	12,034			1,725	0,000	0,000	0,000	User Specif
Pos 3	1	4,210	4,210			8,580	0,000	1,130	0,000	User Specif
Spade	1	15,035	15,035			-8,580	0,000	2,500	0,000	User Specif
Superstructure	1	0,020	0,020			-6,200	0,000	3,290	0,000	User Specif
Main Engine	1	2,385	2,385			-5,260	0,000	0,000	0,000	User Specif
Flywheel	0.25	94,000	23,500			-0,300	0,000	1,000	0,000	User Specif
Provision	1	0,500	0,500			-7,500	0,000	0,000	0,000	User Specif
Genast	1	0,041	0,041			-5,200	0,000	0,212	0,000	User Specif
Jerrycan	1	0,200	0,200			-8,200	0,000	3,200	0,000	User Specif
Fuel Oil	1	0,050	0,050			-5,200	0,000	0,000	0,000	User Specif
Crew I	1	0,080	0,080			-6,200	0,000	3,200	0,000	User Specif
Crew II	1	0,080	0,080			-6,200	0,000	3,200	0,000	User Specif
Total Loadgroup			32,002	0,000	0,000	-0,100	0,000	1,000	0,000	
FK correction								0,000	0,000	
VCG fluid								1,000	0,000	

Gambar IV.26. *Input* Data Beban Kondisi 25% Full Load

2. Setelah beban dimasukkan, selanjutnya dilakukan proses analisis dengan memilih menu *Start Analysis*. Tabel IV.38 berikut merupakan hasil rekapitulasi pemenuhan kriteria trim dan stabilitas menurut IMO.

Tabel IV.38. Rekapitulasi Pemenuhan Kriteria Kondisi 25% Full Load

No.	Criteria	Syarat	Value	Status
1.	Area 0 to 30	Value \geq 0,055 m.rad	0,683 m.rad	Pass
2.	Area 0 to 40	Value \geq 0,090 m.rad	1,007 m.rad	Pass
3.	Area 30 to 40	Value \geq 0,030 m.rad	0,324 m.rad	Pass
4.	Max GZ at 30 or greater	Value \geq 0,200 m.rad	1,940 m.rad	Pass
5.	Angle of maximum GZ	Value \geq 25 ⁰	28,2 ⁰	Pass
6.	Initial GMt	Value \geq 0,150 m	5,886 m	Pass

No.	Criteria	Syarat	Value	Status
7.	<i>Severe wind and rolling</i>	$Value \leq 16^0$	$1,6^0$	<i>Pass</i>
8.	<i>GZ area : to Max GZ</i>	$Value \geq 0.08 \text{ m.rad}$	$0,6208 \text{ m.rad}$	<i>Pass</i>
9.	<i>Angle of equilibrium ratio</i>	$Value \leq 50\%$	0%	<i>Pass</i>

3. Untuk hasil perhitungan trim pada kondisi ini dapat dilihat pada Tabel IV.39 berikut ini:

Tabel IV.39. Hasil Rekapitulasi Pemenuhan Trim Kondisi 25% *Full Load*

	Criteria	$0,5\% L_{wl}$	Value	Status
Trim	$Value \leq 0,5\% L_{wl}$	$0,08 \text{ m}$	$0,051 \text{ m}$	<i>Pass</i>

Dari hasil perhitungan yang telah dilakukan, kapal mengalami trim buritan sebesar 0,051 meter, dan semua kriteria telah dipenuhi. Dapat dilihat juga kondisi kapal pada Gambar IV.27 berikut ini:



Gambar IV.27. Kondisi Trim Kapal dengan 25% *Full Load*

Jadi, dapat dikatakan bahwa trim dan stabilitas pada kondisi kapal dengan 25% *Full Load* aman. Untuk perhitungan trim dan stabilitas kapal pada kondisi ini lebih detail dapat dilihat pada Lampiran B Perhitungan Analisis Teknis.

IV.9.6. Kondisi 50% *Full Load*

Kondisi ini merupakan kondisi dimana kapal dengan segala perlengkapannya membawa muatan sebesar 50% dari total muatan penuh.. Kondisi ini juga sangat perlu diperhitungkan terutama untuk trim dan stabilitasnya karena kondisi ini merupakan kondisi saat kapal berlayar dan beroperasi. Maka saat proses perhitungan, kriteria-kriteria dari IMO haruslah dipenuhi. Berikut proses perhitungan untuk kondisi ini:

1. Mula-mula dimasukkan data-data beban dari komponen yang ada (diambil dari hasil perhitungan berat dan titik berat). Data-data yang dibutuhkan untuk beban-beban pada

komponen tersebut antara lain berat komponen, LCG komponen, VCG komponen, dan TCG komponen (jika ada). *Input* data beban dapat dilihat pada Gambar IV.28 berikut:

Item Name	Quantity	Unit Mass tonne	Total Mass tonne	Unit Volume m³	Total Volume m³	Long. Arm m	Trans. Arm m	Vect. Arm m	Total PBM tonne.m	PBM Type
Reaction Module	1	20.000	20.000			0.000	0.000	0.000	0.000	User Specifi
Pox 1	1	11.944	11.944			-4.402	0.000	1.140	0.000	User Specifi
Pox 2	1	12.004	12.004			1.720	0.000	0.000	0.000	User Specifi
Pox 3	1	4.210	4.210			5.821	0.000	1.139	0.000	User Specifi
Motor	1	15.000	15.000			-8.460	0.000	2.540	0.000	User Specifi
Superstructure	1	0.023	0.023			-0.200	0.000	0.000	0.000	User Specifi
Main Engine	1	2.380	2.380			-0.200	0.000	0.000	0.000	User Specifi
Payload	9.5	34.000	47.000			-0.400	0.000	1.000	0.000	User Specifi
Propulsion	1	0.000	0.000			-7.000	0.000	0.000	0.000	User Specifi
Girder	1	0.041	0.041			-0.200	0.000	0.000	0.000	User Specifi
Navigation	1	0.000	0.000			-0.200	0.000	0.000	0.000	User Specifi
Fuel Oil	1	0.000	0.000			-0.100	0.000	0.000	0.000	User Specifi
Crew 1	1	0.000	0.000			-0.200	0.000	0.000	0.000	User Specifi
Crew 2	1	0.000	0.000			-0.200	0.000	0.000	0.000	User Specifi
Total Loadings			115.000	0.000	0.000	-0.200	0.000	1.000	0.000	
PS correction									0.000	
VCG Base									0.000	

Gambar IV.28. *Input* Data Beban Kondisi 50% Full Load

- Setelah beban dimasukkan, selanjutnya dilakukan proses analisis dengan memilih menu *Start Analysis*. Tabel IV.40 berikut merupakan hasil rekapitulasi pemenuhan kriteria trim dan stabilitas menurut IMO.

Tabel IV.40. Rekapitulasi Pemenuhan Kriteria Kondisi 50% Full Load

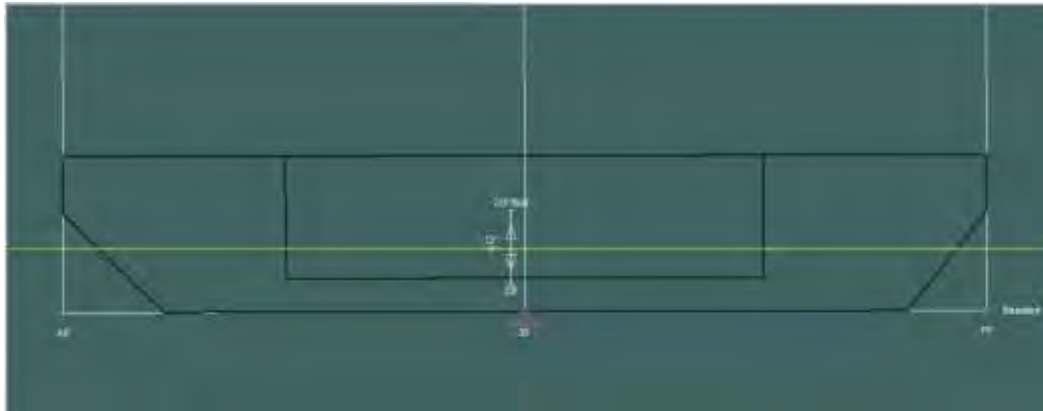
No.	Criteria	Syarat	Value	Status
1.	Area 0 to 30	Value $\geq 0,055$ m.rad	0,570 m.rad	Pass
2.	Area 0 to 40	Value $\geq 0,090$ m.rad	0,850 m.rad	Pass
3.	Area 30 to 40	Value $\geq 0,030$ m.rad	0,280 m.rad	Pass
4.	Max GZ at 30 or greater	Value $\geq 0,200$ m.rad	1,691 m.rad	Pass
5.	Angle of maximum GZ	Value $\geq 25^0$	27,3 ⁰	Pass
6.	Initial GMt	Value $\geq 0,150$ m	4,286 m	Pass
7.	Severe wind and rolling	Value $\leq 16^0$	1,8 ⁰	Pass
8.	GZ area : to Max GZ	Value ≥ 0.08 m.rad	0,489 m.rad	Pass
9.	Angle of equilibrium ratio	Value $\leq 50\%$	0%	Pass

- Untuk hasil perhitungan trim pada kondisi ini dapat dilihat pada Tabel IV.41 berikut ini:

Tabel IV.41. Hasil Rekapitulasi Pemenuhan Trim Kondisi 50% Full Load

	Criteria	0,5% L _{wl}	Value	Status
Trim	Value $\leq 0,5\%$ L _{wl}	0,08 m	0,045 m	Pass

Dari hasil perhitungan yang telah dilakukan, kapal mengalami trim buritan sebesar 0,045 meter, dan semua kriteria telah dipenuhi. Dapat dilihat juga kondisi kapal pada Gambar IV.29 berikut ini:



Gambar IV.29. Kondisi Trim Kapal dengan 50% *Full Load*

Jadi, dapat dikatakan bahwa trim dan stabilitas pada kondisi kapal dengan 50% *Full Load* aman. Untuk perhitungan trim dan stabilitas kapal pada kondisi ini lebih detail dapat dilihat pada Lampiran B Perhitungan Analisis Teknis.

IV.9.7. Kondisi 75% *Full Load*

Kondisi ini merupakan kondisi dimana kapal dengan segala perlengkapannya membawa muatan sebesar 75% dari total muatan penuh.. Kondisi ini sangat perlu diperhitungkan terutama untuk trim dan stabilitasnya karena kondisi ini merupakan kondisi saat kapal berlayar dan beroperasi. Maka saat proses perhitungan, kriteria-kriteria dari IMO haruslah dipenuhi. Berikut proses perhitungan untuk kondisi ini:

1. Mula-mula dimasukkan data-data beban dari komponen yang ada (diambil dari hasil perhitungan berat dan titik berat). Data-data yang dibutuhkan untuk beban-beban pada komponen tersebut antara lain berat komponen, LCG komponen, VCG komponen, dan TCG komponen (jika ada). *Input* data beban dapat dilihat pada Gambar IV.30 berikut:

Item No	Item Name	Quantity	Unit Mass tonne	Total Mass tonne	Unit Volume m³	Total Volume m³	Long. Arm m	Trans. Arm m	Vert. Arm m	Total P.M. tonne.m	P.M. Type
1	Machine Module	1	20.000	20.000			8.500	0.000	3.000	0.000	User Spec'd
2	Pos 1	1	11.844	11.844			-4.532	0.000	1.149	0.000	User Spec'd
3	Pos 2	1	12.004	12.004			-1.625	0.000	0.862	0.000	User Spec'd
4	Pos 3	1	4.210	4.210			5.911	0.000	1.139	0.000	User Spec'd
5	Spacer	1	15.625	15.625			-5.500	0.000	2.500	0.000	User Spec'd
6	Superstructure	1	2.673	2.673			-8.200	0.000	3.200	0.000	User Spec'd
7	Wart Engine	1	2.365	2.365			-8.200	0.000	2.600	0.000	User Spec'd
8	Helixid	0.75	34.800	26.100			-3.500	0.000	1.800	0.000	User Spec'd
9	Propulsion	1	0.550	0.550			-7.500	0.000	0.800	0.000	User Spec'd
10	Generator	1	0.641	0.641			-5.200	0.000	0.212	0.000	User Spec'd
11	Navigation	1	0.200	0.200			-4.200	0.000	0.200	0.000	User Spec'd
12	Fuel Oil	1	0.650	0.650			5.200	0.000	0.800	0.000	User Spec'd
13	Crew 1	1	0.080	0.080			-8.200	0.000	0.286	0.000	User Spec'd
14	Crew 2	1	0.080	0.080			8.250	0.000	0.000	0.000	User Spec'd
15	Total Loadcase			139.082	0.000	0.000	-8.200	0.000	1.777	0.000	
16	P.S. correction								0.000		
17	VCG Final								1.777		

Gambar IV.30. *Input* Data Beban Kondisi 75% *Full Load*

2. Setelah beban dimasukkan, selanjutnya dilakukan proses analisis dengan memilih menu *Start Analysis*. Tabel IV.42 berikut merupakan hasil rekapitulasi pemenuhan kriteria trim dan stabilitas menurut IMO.

Tabel IV.42. Rekapitulasi Pemenuhan Kriteria Kondisi 75% *Full Load*

No.	Criteria	Syarat	Value	Status
1.	Area 0 to 30	$Value \geq 0,055 \text{ m.rad}$	0,476 m.rad	Pass
2.	Area 0 to 40	$Value \geq 0,090 \text{ m.rad}$	0,705 m.rad	Pass
3.	Area 30 to 40	$Value \geq 0,030 \text{ m.rad}$	0,229 m.rad	Pass
4.	Max GZ at 30 or greater	$Value \geq 0,200 \text{ m.rad}$	1,389 m.rad	Pass
5.	Angle of maximum GZ	$Value \geq 25^0$	$25,5^0$	Pass
6.	Initial GMt	$Value \geq 0,150 \text{ m}$	3,652 m	Pass
7.	Severe wind and rolling	$Value \leq 16^0$	$1,8^0$	Pass
8.	GZ area : to Max GZ	$Value \geq 0.08 \text{ m.rad}$	0,364 m.rad	Pass
9.	Angle of equilibrium ratio	$Value \leq 50\%$	0%	Pass

3. Untuk hasil perhitungan trim pada kondisi ini dapat dilihat pada Tabel IV.43 berikut ini:

Tabel IV.43. Hasil Rekapitulasi Pemenuhan Trim Kondisi 75% *Full Load*

	Criteria	0,5% L_{wl}	Value	Status
Trim	$Value \leq 0,5\% L_{wl}$	0,08 m	0,038 m	Pass

Dari hasil perhitungan yang telah dilakukan, kapal mengalami trim buritan sebesar 0,038 meter, dan semua kriteria telah dipenuhi. Dapat dilihat juga kondisi kapal pada Gambar IV.31 berikut ini:



Gambar IV.31. Kondisi Trim Kapal dengan 75% *Full Load*

Jadi, trim dan stabilitas pada kondisi kapal dengan 50% *Full Load* aman. Untuk perhitungan trim dan stabilitas kapal pada kondisi ini lebih detail dapat dilihat pada Lampiran B Perhitungan Analisis Teknis.

IV.9.8. Kondisi *Full Load*

Kondisi ini merupakan kondisi dimana kapal dengan segala perlengkapannya membawa muatan penuh.. Kondisi ini sangat perlu diperhitungkan terutama untuk trim dan stabilitasnya karena kondisi ini merupakan kondisi saat kapal berlayar dan beroperasi. Maka saat proses perhitungan, kriteria-kriteria dari IMO haruslah dipenuhi. Berikut proses perhitungan untuk kondisi ini:

1. Mula-mula dimasukkan data-data beban dari komponen yang ada (diambil dari hasil perhitungan berat dan titik berat). Data-data yang dibutuhkan untuk beban-beban pada komponen tersebut antara lain berat komponen, LCG komponen, VCG komponen, dan TCG komponen (jika ada). *Input* data beban dapat dilihat pada Gambar IV.32 berikut:

Item Name	Quantity	Unit Mass tonne	Total Mass tonne	Unit Volume m³	Total Volume m³	Long. Arm m	Trans. Arm m	Vert. Arm m	Total FSM tonne.m	FSM Type
Deckhouse Main	1	20,000	20,000			0,200	0,000	3,000	0,000	User Spec'd
Pore 1	1	11,044	11,044			-0,513	0,000	1,149	0,000	User Spec'd
Pore 2	1	12,004	12,004			1,620	0,000	0,000	0,000	User Spec'd
Pore 3	1	4,310	4,310			0,911	0,000	1,139	0,000	User Spec'd
Stairs	1	10,000	10,000			-0,000	0,000	-2,000	0,000	User Spec'd
Superstructure	1	3,000	3,000			-0,200	0,000	3,000	0,000	User Spec'd
Main Engine	1	2,380	2,380			-0,200	0,000	0,000	0,000	User Spec'd
Propeller	1	44,000	44,000			-0,000	0,000	1,000	0,000	User Spec'd
Propulsion	1	0,500	0,500			-0,000	0,000	0,000	0,000	User Spec'd
Gunnel	1	0,041	0,041			-0,200	0,000	0,213	0,000	User Spec'd
Navigation	1	0,300	0,300			-0,200	0,000	3,290	0,000	User Spec'd
Fuel Oil	1	0,000	0,000			-0,200	0,000	0,000	0,000	User Spec'd
Crew 1	1	0,000	0,000			-0,200	0,000	0,000	0,000	User Spec'd
Crew 2	1	0,000	0,000			-0,200	0,000	0,000	0,000	User Spec'd
Total Loadcase			102,000			-0,200	0,000	0,750	0,000	
FS correction									0,000	
VCG final								0,750		

Gambar IV.32. *Input* Data Beban Kondisi *Full Load*

2. Setelah beban dimasukkan, selanjutnya dilakukan proses analisis dengan memilih menu *Start Analysis*. Tabel IV.44 berikut merupakan hasil rekapitulasi pemenuhan kriteria trim dan stabilitas menurut IMO.

Tabel IV.44. Rekapitulasi Pemenuhan Kriteria Kondisi *Full Load*

No.	Criteria	Syarat	Value	Status
1.	Area 0 to 30	Value \geq 0,055 m.rad	0,337 m.rad	Pass
2.	Area 0 to 40	Value \geq 0,090 m.rad	0,552 m.rad	Pass
3.	Area 30 to 40	Value \geq 0,030 m.rad	0,175 m.rad	Pass
4.	Max GZ at 30 or greater	Value \geq 0,200 m.rad	1,064 m.rad	Pass
5.	Angle of maximum GZ	Value \geq 25°	26,4°	Pass
6.	Initial GMt	Value \geq 0,150 m	3,236 m	Pass
7.	Severe wind and rolling	Value \leq 16°	1,6°	Pass
8.	GZ area : to Max GZ	Value \geq 0.08 m.rad	0,309 m.rad	Pass
9.	Angle of equilibrium ratio	Value \leq 50%	0%	Pass

3. Untuk hasil perhitungan trim pada kondisi ini dapat dilihat pada Tabel IV.45 berikut ini:

Tabel IV.45. Hasil Rekapitulasi Pemenuhan Trim Kondisi *Full Load*

	<i>Criteria</i>	0,5% L_{wl}	<i>Value</i>	<i>Status</i>
Trim	$Value \leq 0,5\% L_{wl}$	0,08 m	0,024 m	<i>Pass</i>

Dari hasil perhitungan yang telah dilakukan, kapal mengalami trim buritan sebesar 0,024 meter, dan semua kriteria telah dipenuhi. Dapat dilihat juga kondisi kapal pada Gambar IV.33 berikut ini:



Gambar IV.33. Kondisi Trim Kapal kondisi *Full Load*

Jadi, trim dan stabilitas pada kondisi kapal kondisi *Full Load* aman. Untuk perhitungan trim dan stabilitas kapal pada kondisi ini lebih detail dapat dilihat pada Lampiran B Perhitungan Analisis Teknis.

IV.10. Prosedur Pemasangan Peralatan Keruk

Dari kondisi-kondisi yang telah dijabarkan pada Bab IV.8 dan Bab IV.9, bahwa terdapat beberapa kondisi yang mengalami kegagalan (*fail*) diakibatkan tidak memenuhi persyaratan trim dan stabilitas. Hal tersebut tentu mempengaruhi sistem bongkar muat kapal. Untuk itu, perlu dijelaskan bagaimana prosedur pemasangan peralatan keruk yang aman dan tidak berbahaya bagi stabilitas kapal. Prosedur pemasangan peralatan keruk dijelaskan sebagai berikut:

1. Pemasangan peralatan keruk pada kapal kosong (tongkang) dilakukan di Pelabuhan Tanjung Perak Surabaya.
2. Terdapat dua peralatan keruk utama yaitu, *Backhoe* dan *Spud*. Peralatan keruk yang pertama kali harus dipasang adalah *Backhoe*. Hal tersebut dilakukan karena stabilitas saat kondisi kapal kosong dengan *Backhoe Installation* masih aman dan tidak berbahaya (sesuai dengan hasil perhitungan stabilitas pada Bab IV.9.2). Sebaliknya, sangat disarankan agar tidak memasang *Spud* di awal. Sesuai dengan perhitungan stabilitas

pada Bab IV.9.3, stabilitas kapal kosong dengan *Spuds Installation* memiliki nilai trim yang besar dan stabilitas yang buruk dan berbahaya bagi kapal.

3. Setelah *Backhoe* terpasang, baru selanjutnya *Spud* dipasang.
4. Saat kapal telah usai beroperasi dan peralatan keruk harus dibongkar, yang pertama kali harus dibongkar adalah *Spud*. Sangat tidak disarankan untuk membongkar *Backhoe* pertama kali, karena dapat membahayakan stabilitas kapal.
5. Setelah *Spud* dibongkar, maka selanjutnya *Backhoe* dibongkar.

Jadi pada proses pemasangan peralatan keruk, *Backhoe* harus dipasang terlebih dahulu untuk menghindari kondisi stabilitas yang buruk. Sebaliknya pada proses pembongkaran peralatan keruk, *Spud* harus dibongkar terlebih dahulu sehingga menyisakan *Backhoe* saja sehingga kondisi awal pemasangan dan pembongkaran sama.

IV.11. Estimasi Biaya Pembangunan Kapal

Proses menghitung biaya pembangunan kapal ini berdasarkan komponen-komponen apa saja yang direncanakan terdapat di kapal. Kemudian mulai mencari harga pasaran dari komponen-komponen tersebut. Berikut komponen-komponen yang direncanakan terdapat di kapal dan dihitung sesuai dengan harga pasar:

1. Harga Pelat Kapal

Harga pelat disesuaikan berdasarkan harga pasar yang ada (Data tentang harga pelat dapat dilihat dalam Lampiran A Data Pendukung). Berikut perhitungan harga pelat kapal sesuai dengan Tabel IV.46 berikut:

Tabel IV.46. Perhitungan Harga Pelat Kapal

Pelat Kapal Keseluruhan		
<i>(hull & construction)</i>		
<i>Sumber: Alibaba.com https://indonesian.alibaba.com/product-detail/ah36-steel-plate-for-shipbuilding-60239600140.html?s=p</i>		
Harga	\$800	USD/ton
Berat pelat keseluruhan	162,89	ton
Harga pelat keseluruhan	\$130.311	USD
	Rp1.770.011.535,16	Rupiah

Sumber: Alibaba, 2017

2. Harga *Backhoe* Komatsu PC 200-7

Backhoe yang dipakai untuk komponen pada kapal adalah jenis Komatsu PC 200-7. Harga *Backhoe* juga terdapat di pasaran baik baru maupun bekas. Namun yang

digunakan dalam perhitungan ini adalah *Backhoe* yang baru. Perhitungan harga *Backhoe* dapat dilihat pada Tabel IV.47 berikut:

Tabel IV.47. Perhitungan Harga Komatsu PC 200-7

<i>Backhoe</i> Komatsu PC 200-7		
<i>Sumber: Alibaba.com https://indonesian.alibaba.com/p-detail/New-Excavator-Komatsu-PC200-Price-Japan-50029096058.html?spm=a276.8168334.1998817009.24.DullwO</i>		
Harga	\$20.000	USD/unit
Jumlah Unit	1	unit
Harga Unit	\$20.000	USD
	Rp271.660.000,00	Rupiah

Sumber: Alibaba, 2017

3. Harga *Square Piles*

Square piles adalah komponen baja solid yang digunakan sebagai *spud* kapal. *Square Piles* memiliki dimensi 400 x 400 mm karena disesuaikan dengan hasil perhitungan *spud*. Dalam Tabel IV.48 berikut dijelaskan tentang perhitungan harga *Square Piles* (Data tentang harga *Square Piles* dapat dilihat dalam Lampiran A Data Pendukung).

Tabel IV.48. Perhitungan Harga *Square Piles*

<i>Square Piles</i> (Untuk <i>Spuds</i>) 400 x 400 mm		
<i>Sumber: Indotrading, http://m.indotrading.com/product/square-piles-p284975</i>		
Harga <i>Square Piles</i>	Rp514.800	Rp/meter
Panjang <i>Square Piles</i>	6	meter
Jumlah Unit	2	unit
Harga Unit	Rp6.177.600	Rupiah

Sumber: Indotrading, 2017

4. Harga *Main Engine*

Sesuai dengan yang telah dijelaskan pada Bab IV.5, *main engine* yang dipakai adalah jenis Yanmar 6HYM-WET 500 HP. Perhitungan harga mesin utama dapat dilihat pada Tabel IV.49 berikut:

Tabel IV.49. Perhitungan Harga *Main Engine*

<i>Main Engine</i> Yanmar 6HYM-WET H-Rating 500 HP		
<i>Sumber: Yanmar, http://yanmarmarine.eu</i>		
Harga	\$50.000	USD/unit
Jumlah Unit	1	unit
Harga Unit	\$50.000	USD/unit
	Rp679.150.000	Rupiah

Sumber: Yanmar, 2017

5. Harga Generator Set

Sesuai dengan yang telah dijelaskan pada Bab IV.5, bahwa generator set yang digunakan pada kapal ini adalah jenis Yamaha EF 2600 FW. Pada Tabel IV.50 berikut dijabarkan perhitungan harga generator set (Data tentang harga genset dapat dilihat dalam Lampiran A Data Pendukung).

Tabel IV.50. Perhitungan Harga Generator Set

Generator Set		
<i>Sumber: Indoteknik, http://indoteknik.co.id/v1/pi/ef-2600-fw-generator-set-bensin/</i>		
Harga	Rp7.350.000	Rupiah/unit
Jumlah Unit	1	unit
Harga Unit	Rp7.350.000	Rupiah

Sumber: Indoteknik, 2017

6. Harga Elektroda

Elektroda las juga diperhitungkan sebagai komponen biaya pembangunan. Dalam perhitungan ini, elektroda diasumsikan sekitar 6% dari harga pelat kapal. Berikut perhitungan harga elektroda dijelaskan pada Tabel IV.51 berikut:

Tabel IV.51. Perhitungan Harga Elektroda

Elektroda		
(diasumsikan 6% dari harga pelat)		
<i>Sumber: Nekko Steel – Aneka Maju.com</i>		
Harga	500.00	USD/ton
Berat pelat kapal total	9,773	ton
Harga Elektroda	\$4.887	USD
	Rp66.375.433	Rupiah

Sumber: *Nekko Steel*, 2017

Jadi, dari komponen-komponen tersebut, total biaya pembangunan kapal (*buliding cost*) sebesar Rp2.800.724.568.

IV.12. Ukuran Utama *Self-Propelled Backhoe Dredger*

Seperti yang telah dibahas pada Bab IV.3 bahwa setelah analisis teknis dilakukan, tahap selanjutnya adalah memilih ukuran utama kapal dari semua ukuran utama yang ada. Pemilihan ukuran utama haruslah jelas dan harus memiliki dasar. Dari sekian banyak perhitungan analisis teknis yang telah dilakukan, terdapat beberapa ukuran utama yang tidak memenuhi ketentuan. Ketentuan yang dimaksud tergantung pada *requirement* yang telah dibuat. Dalam memilih ukuran utama kapal, tinjauan paling utama adalah *Displacement* kapal. Pada Tabel IV.52 berikut merupakan ukuran utama kapal yang dipilih:

Tabel IV.52. Ukuran Utama Kapal

Ukuran Utama	Nilai
Panjang Garis Air (L_{wl})	16,62 m
Panjang antara Dua Garis Tegak (L_{pp})	16,25 m
Lebar (B)	9,00 m
Tinggi (H)	2,80 m
Sarat (T)	1,78 m

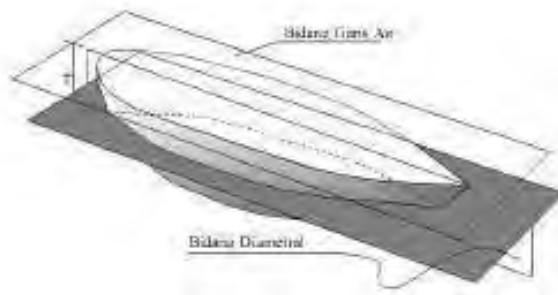
Dari hasil optimisasi menggunakan metode 256, ukuran utama kapal yang memiliki *Displacement* dan dapat menampung berat kapal keseluruhan adalah ukuran utama yang diberikan pada Tabel IV.52 di atas. Sedangkan untuk *Length between Perpendicular* (L_{pp}) diperoleh dari $\pm L_{wl} - 0,37$ m, karena terdapat perencanaan letak kemudi (*rudder*) kapal.

IV.13. Desain Rencana Garis (*Lines plan*)

Rencana garis merupakan langkah dasar dari tahap mendesain sebuah kapal dan memiliki fungsi untuk memberikan gambaran umum bentuk tiga dimensi badan kapal. Rencana garis ini dijadikan dasar untuk mendesain kapal secara lengkap, mulai dari perhitungan untuk mengetahui karakteristik kapal, menentukan pembagian ruang di kapal, menentukan daya muat kapal, serta menghitung dan memeriksa kemampuan olah gerak kapal selama pelayaran. Rencana garis diproyeksikan ke 3 bidang, yaitu:

1. Bidang Garis Air

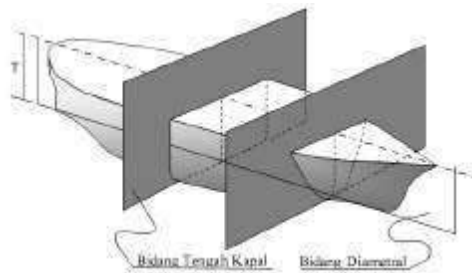
Bidang garis air adalah bidang horizontal yang melalui permukaan air pada saat kapal muatan penuh, bidang ini akan memotong kapal dan akan menunjukkan garis tepi bentuk badan kapal apabila dipandang dari atas. Bila dibuat bidang-bidang yang sejajar ke arah atas dan bawah dari bidang garis air ini, maka akan diperoleh garis-garis bentuk lengkungan badan kapal yang terlihat dari atas pada tinggi permukaan air yang berbeda-beda yang keseluruhannya berada dalam lingkup bidang pandangan atas. Bidang pandangan atas kapal ini biasa disebut *half breadth plan*, sedangkan garis-garisnya biasa disebut sebagai garis *waterline* (WL). Gambar IV.34 berikut merupakan bidang garis air.



Gambar IV.34. Bidang Garis Air

2. Bidang Tengah Kapal

Midship adalah bidang tegak melintang yang melalui pertengahan panjang diantara dua garis *perpendicular* (LPP), bidang ini akan memotong kapal tepat di ditengah-tengah panjangnya dan akan menunjukkan garis tepi bentuk badan kapal apabila dipandang dari depan. Bila dibuat bidang-bidang sejajar ke arah depan dan belakang dari bidang tengah ini, maka akan diperoleh garis-garis bentuk lengkungan badan kapal yang terlihat dari depan yang keseluruhannya berada di dalam lingkup bidang pandangan depan kapal. Bidang pandangan depan kapal ini biasa disebut *body plan*, sedangkan garis-garisnya biasa disebut garis-garis *station* (ST). Gambar IV.35 merupakan bidang tengah kapal.



Gambar IV.35. Bidang Tengah Kapal

3. Bidang Diametral

Bidang diametral adalah bidang tegak memanjang yang melalui sumbu tengah kapal (*center line*), bidang ini akan memotong kapal tepat ditengah-tengahnya dan akan menunjukkan garis tepi bentuk badan kapal apabila dipandang dari samping. Bila dibuat bidang-bidang yang sejajar ke arah samping kanan dan kiri dari bidang diametral ini, maka akan diperoleh garis-garis bentuk lengkungan badan kapal yang yang terlihat dari samping yang keseluruhannya berada di dalam lingkup bidang pandangan samping kapal. Bidang

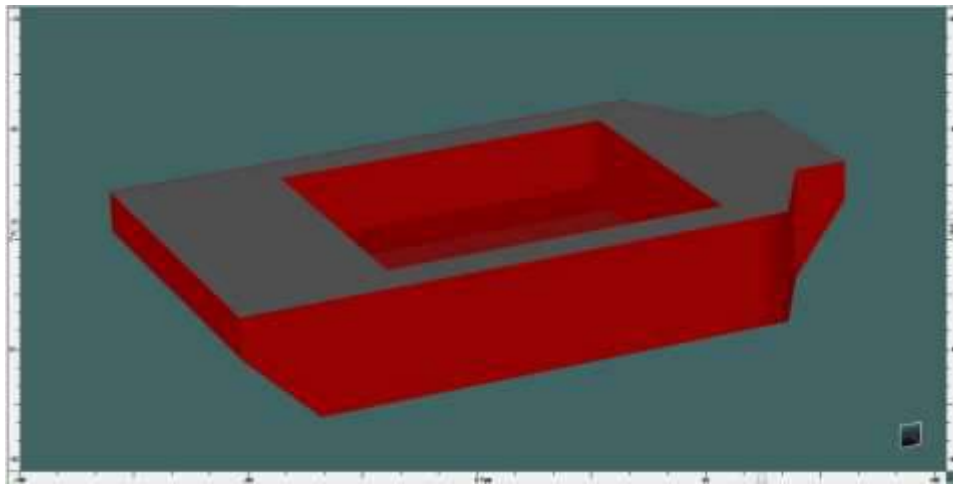
pandangan samping kapal ini biasa disebut *sheer plan*, sedangkan garis-garisnya biasa disebut sebagai garis-garis *buttock line* (BL). Gambar IV.36 adalah bidang diametral kapal.



Gambar IV.36. Bidang Diametral Kapal

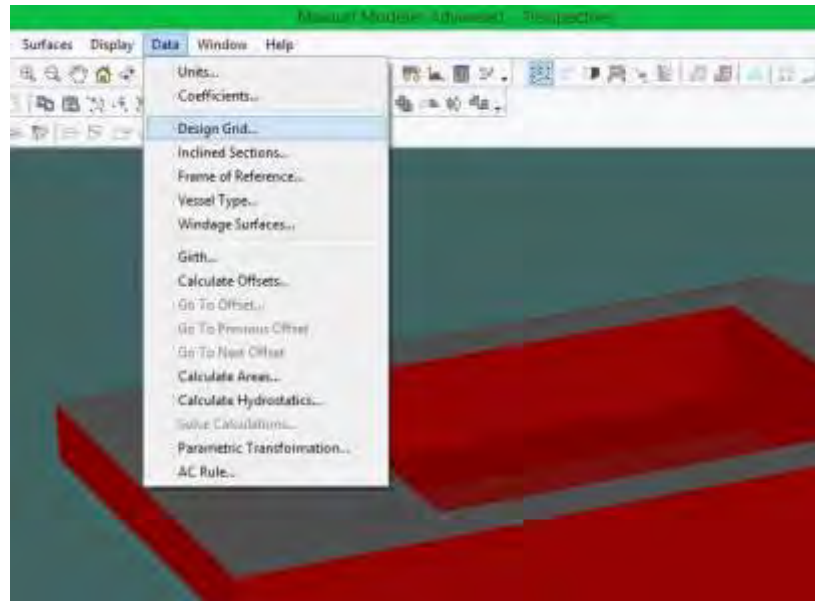
Pembuatan Rencana Garis Kapal dilakukan menggunakan bantuan *software Maxsurf Modeler Advanced* dan *AutoCAD*. Berikut langkah-langkah membuat Rencana Garis:

1. Mula-mula model 3D lambung kapal dibuat di *Maxsurf Modeler Advanced* (tentang proses desain 3D terdapat pada Bab IV.14). Gambar IV.37 adalah contoh model 3D lambung kapal yang telah jadi.



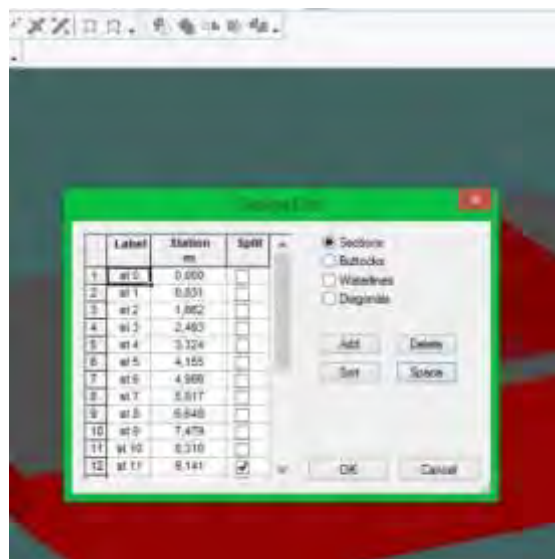
Gambar IV.37. Model 3D Lambung Kapal

2. Dari model 3D kapal yang telah dibuat, selanjutnya mengatur potongan-potongan bidang rencana garis kapal melalui menu *Design Grid* seperti pada Gambar IV.38 berikut.



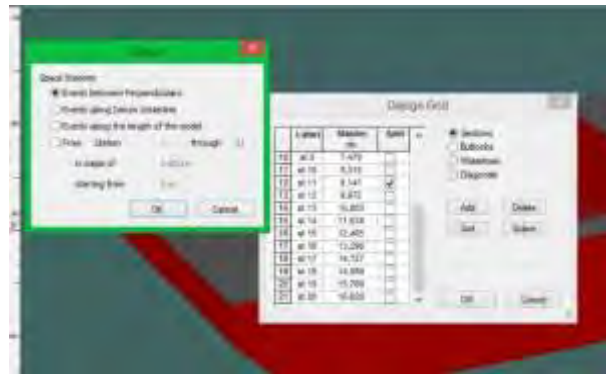
Gambar IV.38. Menu *Design Grid*

3. Dari menu *Design Grid* tersebut kemudian diaturlah *Sections*, *Buttocks*, *Waterlines*, dan *Diagonals*. Istilah *Section* sama dengan *station*, sedangkan *Diagonals* sama saja dengan *sent line*. Keempat elemen tersebut diatur sesuai dengan standar yang ada. Gambar IV.39 adalah tampilan *Dialog Box* dari *Design Grid*.



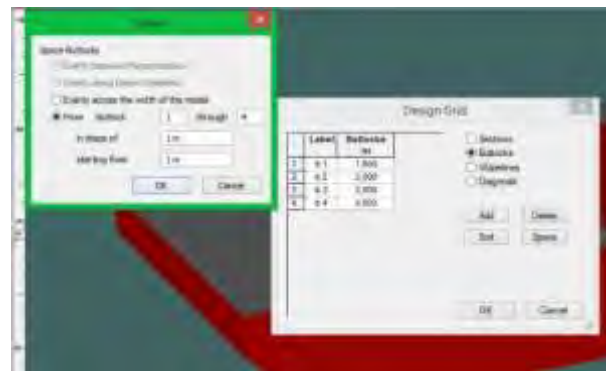
Gambar IV.39. Tampilan *Dialog Box* pada *Design Grid*

4. Mengatur *Section* atau *station*. Mula-mula *station* ditambahkan sebanyak 20 *station* melalui menu *Add*. Kemudian jarak antar *station* dibagi sama rata terhadap panjang *perpendicular* melalui menu *Space* lalu klik *OK*. Dapat dilihat pada Gambar IV.40 tentang langkah-langkah *setup*-nya.



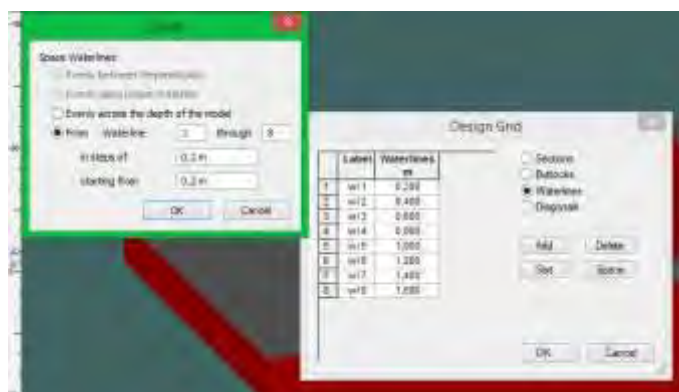
Gambar IV.40. Langkah-langkah Mengatur *Station*

5. Mengatur *Buttocks* atau bidang diametral. Mula-mula klik centang pada menu *Buttocks*. Kemudian *Buttocks* ditambahkan sebanyak 4 (empat) buah. Setelah itu jarak antar *Buttocks* diatur mulai dari (*starting from*) 1 meter dan berjarak (*in steps of*) 1 meter juga. Pengaturan *Buttocks* dapat dilihat pada Gambar IV.41 berikut ini.



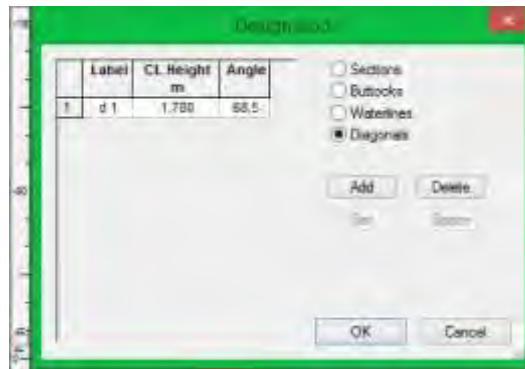
Gambar IV.41. Langkah-langkah Mengatur *Buttocks*

6. Mengatur *Waterlines* atau bidang garis air. Sama seperti mengatur *Buttocks*, mula-mula klik centang pada menu *Waterlines*. Kemudian *Waterlines* ditambahkan sebanyak 8 (delapan) buah. Setelah itu jarak antar *Waterlines* diatur mulai dari (*starting from*) 0,2 meter dan berjarak (*in steps of*) 0,2 meter juga. Pengaturan *Waterlines* dapat dilihat pada Gambar IV.42 berikut ini.



Gambar IV.42. Langkah-langkah Mengatur *Waterlines*

7. Mengatur *Diagonals* atau *sent line*. Untuk mengatur *sent line*, klik centang menu *Diagonals*. *Sent line* yang ditambahkan hanya satu buah dan ditinjau dari sarat kapal sampai ke diagonal kapal (*CL Height* diisi sesuai sarat kapal). Kemudian diatur sudut antar garis diagonal tersebut dengan garis *centerline* kapal. Setelah itu sudut dimasukkan ke tabel lalu klik OK. *Input data sent line* dapat dilihat pada Gambar IV.43 berikut.



Gambar IV.43. *Input Data Sent Line*

Setelah semua komponen *Design Grid* diatur, maka kapal telah mendapatkan bidang-bidang potongnya. Kemudian tiap-tiap pandangan kapal di-*export* ke AutoCAD dan lembar kerja berpindah ke AutoCAD. Tujuan menggunakan AutoCAD adalah untuk memperhalus Rencana Garis dan disesuaikan standar yang ada. Gambar Rencana Garis dapat dilihat pada Lampiran C Rencana Garis.

IV.14. Desain Rencana Umum (*General Arrangement*)

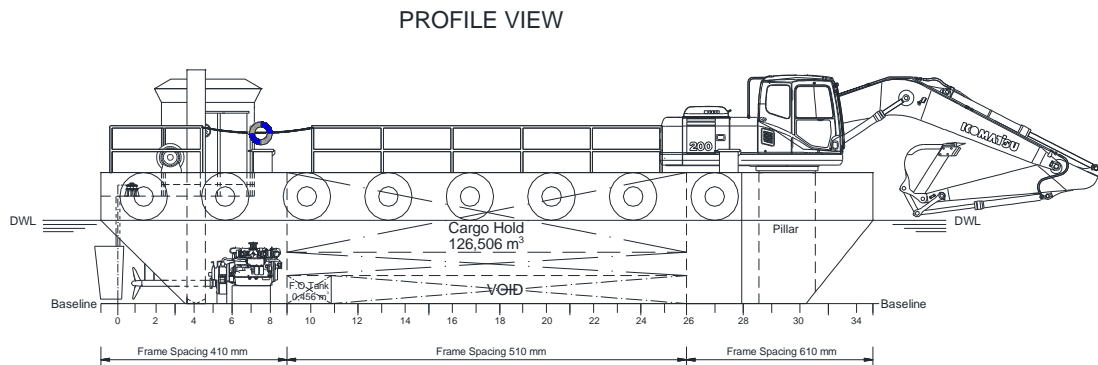
Rencana umum dapat didefinisikan sebagai gambar perencanaan dan pembagian ruang untuk semua kebutuhan dan perlengkapan kapal sesuai lokasi dan akses yang dibutuhkan. Rencana umum dibuat berdasarkan rencana garis yang telah dibuat sebelumnya. Dengan rencana garis, secara garis besar bentuk badan kapal akan terlihat sehingga memudahkan dalam merencanakan serta menentukan pembagian ruangan sesuai dengan fungsinya masing-masing. Karakteristik rencana umum dapat dibagi menjadi 4 bagian antara lain:

- Penentuan lokasi ruang utama
- Penentuan batas-batas ruangan
- Penentuan dan pemilihan perlengkapan yang tepat
- Penentuan akses (jalan atau lintasan) yang cukup

Dalam membuat Rencana Umum, digunakan *software AutoCAD*. Berikut komponen-komponen yang direncanakan dalam Rencana Umum *Self-Propelled Backhoe Dredger*:

1. Rencana Konstruksi

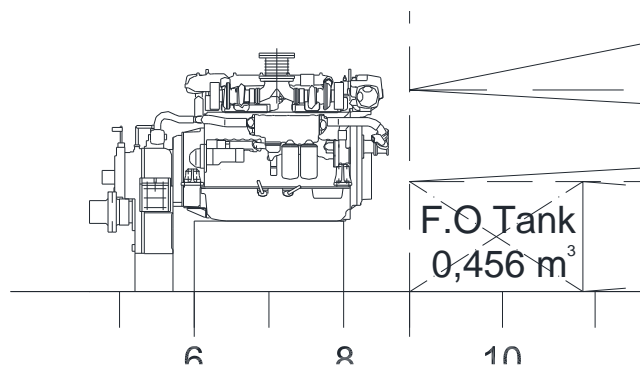
Seperti yang pernah dibahas pada Bab IV.7.1, perencanaan konstruksi kapal meliputi 0,41 meter untuk daerah buritan, 0,51 meter untuk daerah *midship* kapal, dan 0,61 untuk daerah haluan kapal. Uraian rencana konstruksi dapat dilihat pada *Profile View* seperti pada Gambar IV.44 berikut.



Gambar IV.44. Rencana Konstruksi pada *Profile View*

2. Perencanaan Tangki Bahan Bakar

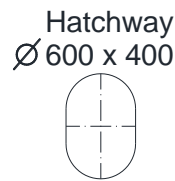
Perencanaan tangki disesuaikan dengan kebutuhan *main engine*, genset, dan *Backhoe engine*. Total kebutuhan *Fuel Oil* kapal sebesar 456 liter. Sehingga tangki memiliki volume sebesar 0,456 m³. Perencanaan tangki dapat terletak antara *frame 9 – frame 11* yang dapat dilihat pada potongan *Profile View* seperti pada Gambar IV.45 berikut.



Gambar IV.45. Perencanaan Tangki Bahan Bakar

3. Perencanaan *Hatchways*

Hatchways direncanakan untuk akses *crew* agar dapat menjelajah bagian tak terjangkau kapal. *Hatchway* berjumlah 4 (empat) buah dengan dimensi direncanakan $\Phi 600 \times 400$, terletak pada *frame 7 – frame 8* dan *frame 27 – frame 28*. Contoh potongan gambar *hatchway* dapat dilihat pada Gambar IV.46 berikut.



Gambar IV.46. *Hatchway*

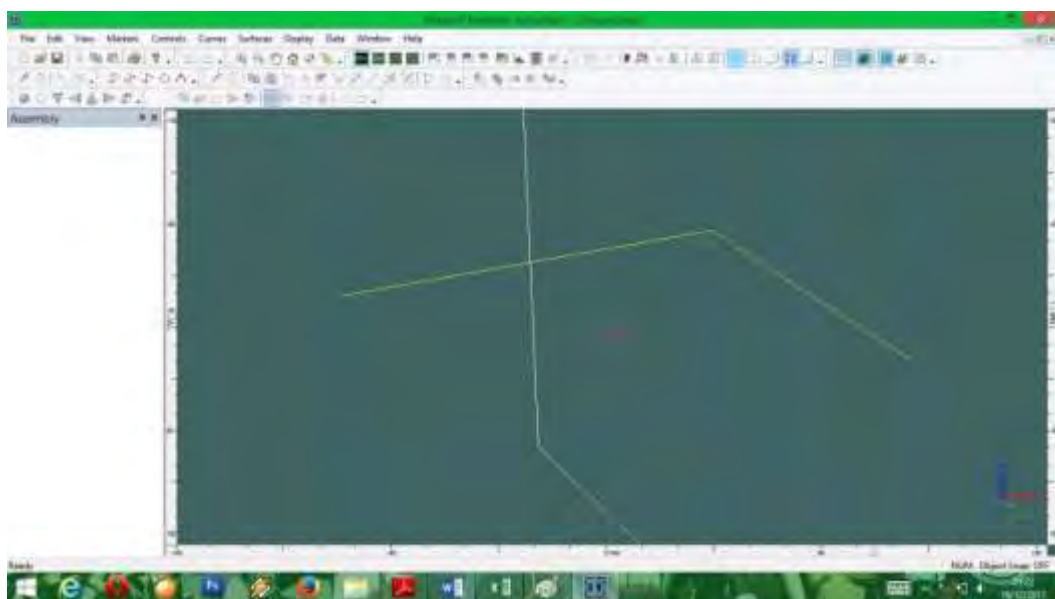
4. Letak *main engine* dan genset bersebelahan dan berada di antara *frame 5 – frame 9*
5. Letak *Backhoe module* berada di antara *frame 25 – frame 33*.
6. Bangunan atas terletak di antara *frame 2 – frame 7*.
7. Dsb.

Untuk Gambar Rencana Umum secara detail dapat dilihat pada Lampiran D *General Arrangement*.

IV.15. Desain Model 3D Kapal

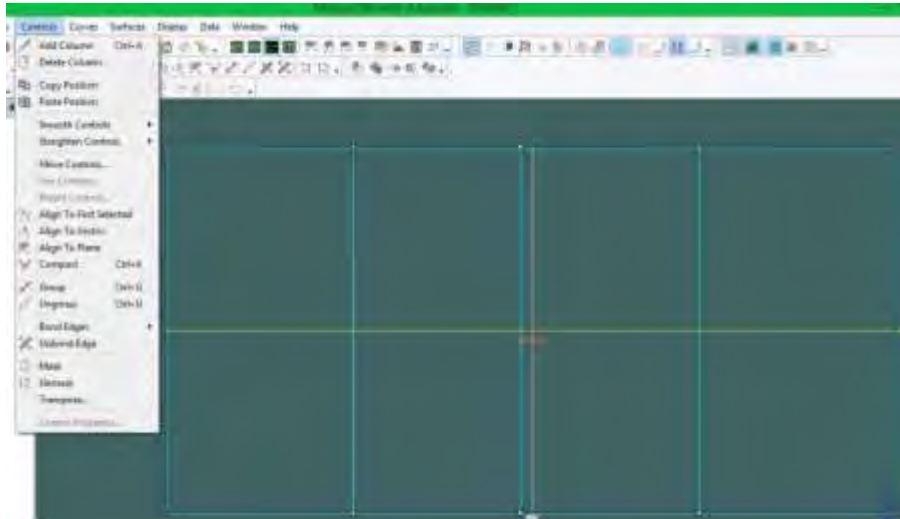
Model 3D *Self-Propelled Backhoe Dredger* di desain dengan bantuan *software Maxsurf Modeler Advanced*. Sebenarnya, model 3D sudah dapat dibuat saat sudah mendapatkan ukuran utama awal kapal. Namun, model masih berbentuk *draft* dan masih dapat berubah sesuai dengan ketentuan analisis teknis. Bentuk *draft* model 3D kapal juga dibutuhkan untuk perhitungan trim dan stabilitas kapal (Baca Bab IV.9). Untuk membuat model 3D kapal, berikut langkah-langkah yang dilakukan:

1. Mula-mula masuk ke lembar kerja *Maxsurf Modeler Advanced* seperti pada Gambar IV.47 berikut.



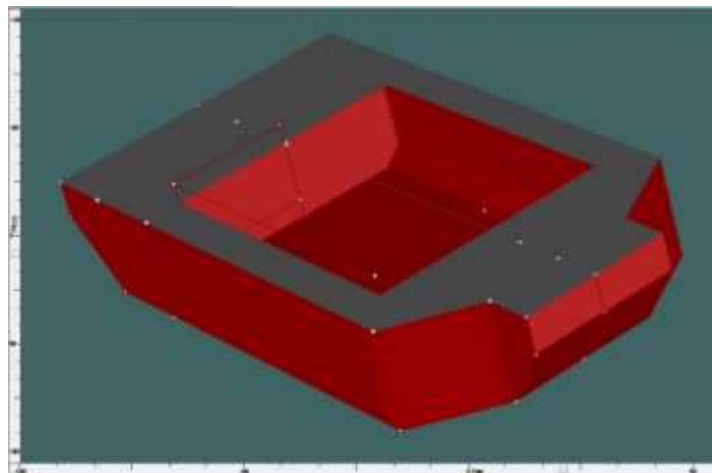
Gambar IV.47. Lembar Kerja *Maxsurf Modeler Advanced*

2. Kemudian mulai membentuk *surface*. Jumlah dan jenis *surface* yang dipilih sesuai dengan keinginan asalkan menghasilkan bentuk yang bagus dan sesuai. *Surface-surface* tersebut kemudian ditambahkan beberapa *Control Point* agar mudah dibentuk seperti pada Gambar IV.48 berikut:



Gambar IV.48. Penambahan *Control Point*

3. Selanjutnya *surface* mulai dibentuk menjadi kapal. Proses pembentukan ini terbilang cukup lama karena membutuhkan ketelitian agar tidak terjadi anomali *surface* dan agar dapat menghasilkan bentuk badan kapal yang baik. Proses pembentukan badan kapal dapat dilihat pada Gambar IV.49 berikut:

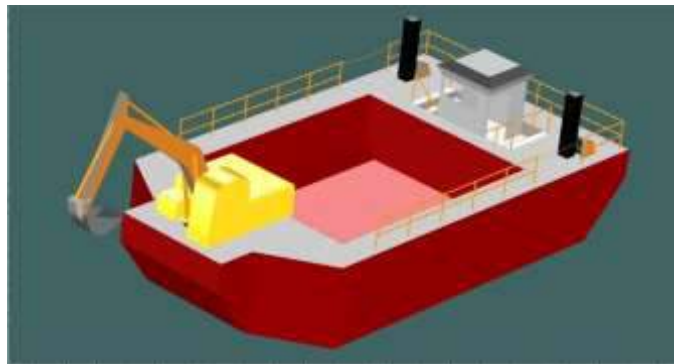


Gambar IV.49. Model 3D Lambung Kapal

4. Proses *rendering* dilakukan berulang-ulang agar benar-benar mendapatkan bentuk badan kapal yang bagus.
5. Jika lambung kapal dianggap sudah baik, maka selanjutnya mendesain komponen-komponen lain pada kapal seperti bangunan atas, *Backhoe module*, *spud*, *winch*, dll.

Proses yang dilakukan sama dengan cara membuat badan kapal, yakni menggunakan *surface per surface* sampai mendapatkan bentuk yang diinginkan dengan proses *rendering* yang berulang-ulang juga.

6. Setelah semua komponen telah di desain, maka selanjutnya adalah proses penggabungan. Komponen-komponen yang telah dibuat digabungkan dengan lambung kapal. Contoh proses penggabungan komponen-komponen dapat dilihat pada Gambar IV.50 berikut.



Gambar IV.50. Contoh Proses Penggabungan Komponen-komponen Yang Telah Dibuat

7. Jika model 3D telah dibuat, maka gambar Rencana Garis (Baca Bab IV.12) dan Rencana Umum (Baca Bab IV.13) dapat dibuat.
8. Tahap yang harus diulangi adalah proses *rendering*. Jika bentuk 3D pada *Maxsurf Modeler Advanced* dirasa kurang baik, bisa dilakukan proses *rendering* menggunakan *software* yang lain seperti *Rhinoceros*, atau *3DMax*. Berikut Gambar IV.51 dan IV.52 merupakan model 3D menggunakan *software Rhinoceros*.



Gambar IV.51 Hasil Model 3D Tampak Perspektif Depan



Gambar IV.52 Hasil Model 3D Tampak Perspektif Belakang

Untuk gambar model 3D yang baik dapat dilihat pada Lampiran E Model 3 Dimensi.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

V.1. Kesimpulan

Setelah dilakukan percobaan dan penelitian maka kesimpulan dari Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Dari hasil analisis yang telah dilakukan, diperoleh ukuran utama *Self-Propelled Backhoe Dredger* sebagai berikut:
 - *Length of Waterline* (L_{wl}) = 16,62 m
 - *Length Between Perpendicular* (L_{pp}) = 16,25 m
 - *Breadth* (B) = 9,00 m
 - *Height* (H) = 2,80 m
 - *Draught* (T) = 1,78 m
2. Dari hasil analisis perhitungan kapasitas muatan keruk, diperoleh besar kapasitas muatan keruk yang dapat ditampung oleh kapal (Payload) sebesar 94 ton.
3. Dari hasil analisis yang telah dilakukan, sistem propulsi yang cocok digunakan untuk *Self Propelled Backhoe Dredger* adalah sistem propulsi konvensional dengan *reversed direction* karena memudahkan proses pelayaran kapal mulai dari pengerukan sampai pembuangan muatan keruk.
4. Dari hasil analisis yang telah dilakukan, diperoleh Rencana Garis (*Lines Plan*), Rencana Umum (*General Arrangement*), dan model 3D kapal yang berturut-turut dapat dilihat dalam Lampiran C, Lampiran D, dan Lampiran E.
5. Dari hasil perhitungan *Building Cost* yang telah dilakukan, diperoleh harga biaya pembangunan kapal sebesar Rp2.800.724.568.

V.2. Saran

Saran yang diberikan pada Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Karena permasalahan dalam Tugas Akhir ini termasuk ke dalam solusi terhadap kebijakan pemerintah, maka dibutuhkan peninjauan lebih lanjut mengenai aspek kebijakan tersebut.
2. Perlu adanya tinjauan lebih detail mengenai perhitungan konstruksi kapal karena masih banyak menggunakan rumus pendekatan.
3. Perlu adanya perhitungan estimasi biaya pembangunan secara riil untuk membangun *Self-Propelled Backhoe Dredger* agar dapat dimanfaatkan untuk solusi pengerukan di Sungai Kalimas.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. (2014). *Facts About Backhoe Dredgers, Number 3*. International Association of Dredging Companies.
- Direktorat Pelabuhan dan Pengerukan. (2006). *Pedoman Teknis Kegiatan Pengerukan dan Reklamasi*. DKI Jakarta: Kementerian Perhubungan, Direktorat Jenderal Perhubungan Laut.
- Direktorat Pelabuhan dan Pengerukan. (2015). *Pedoman Teknis Pengerukan Alur Pelayaran di Laut dan Kolam Pelabuhan*. DKI Jakarta: Kementerian Perhubungan, Direktorat Jenderal Perhubungan Laut.
- IMO. (1966). *International Convention on Load Lines*. London: Lloyd's Register.
- IMO. (1974). *Intact Stability Code*. IMO.
- IMO. (1974). *International Convention for the Safety of Life at Sea*. London: Lloyd's Register.
- Jaelani, M. R. A. (2016). *Desain Dredger Berbasis Jalur Sungai Pada Program "Tol Sungai Cikarang Bekasi Laut (CBL) – Tanjung Priok"*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Teknik Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Surabaya.
- Lewis, E. V. (1988). *Principles of Naval Architecture Volume I*. Jersey City: The Society of Naval Architectures and Marine Engineers.
- Lewis, E. V. (1988). *Principles of Naval Architecture Volume II*. Jersey City: The Society of Naval Architectures and Marine Engineers.
- Mahendra, J. (2014). *Dunia Dredging & Reklamasi di Indonesia*. Depok.
- Parsons, M. G. (2001). *Parametric Design, Chapter 11*. Michigan: University of Michigan.
- Prasetyo, Lukky. (2015). *Desain Eco-friendly Boat Dengan Sumber Energi Hydrogen Fuel Cells Untuk Wisata Kali Mas Surabaya*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Teknik Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Surabaya.
- Pullar, Andy dan Stuart Hughes. (2009). *Dredging Methodology and Disposal Alternatives*. Port Otago Ltd.
- Rohim, M. A. (2003). *Penentuan Prototipe Kapal Keruk Yang Sesuai Untuk Dermaga Umum Pelabuhan Gresik*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Teknik Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Surabaya.
- Schneekluth, H., & Betram, V. (1998). *Ship Design for Efficiency and Economy (second edition)*. Oxford: Plant A Tree.
- Vlasblom, Willem. (2003). *Introduction to Dredging Equipment*. CEDA.
- Vlasblom, Willem. (2006). *Designing Dredging Equipment*. Delft: Delft University of Technology (TU Delft).

LAMPIRAN

Lampiran A Data Pendukung
Lampiran B Perhitungan Analisis Teknis
Lampiran C Rencana Garis
Lampiran D *General Arrangement*
Lampiran E Model 3 Dimensi

LAMPIRAN A
DATA PENDUKUNG

Pendangkalan dan Sampah Hambat Wisata Kalimas

Kompas.com - 03/12/2012, 03:17 WIB

Surabaya, Kompas - Pemerintah Kota Surabaya terus mengembangkan wisata Sungai Kalimas. Daya tarik utamanya adalah menyusuri sungai bersejarah itu dengan memakai kapal wisata. Namun, pendangkalan sungai dan sampah masih menjadi penghambat.

Wisata sungai ini didukung banyak pihak, salah satunya Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya (PPNS) yang menyumbang dua kapal wisata senilai Rp 700 juta. Dua kapal wisata buatan dosen dan mahasiswa PPNS itu diterima Wali Kota Surabaya Tri Rismaharini, Sabtu (1/12), di Taman Prestasi, Surabaya.

Kapal motor itu memiliki panjang 8 meter dan berkapasitas 12 orang. "Kapal ini telah melalui uji ketahanan dan keselamatan serta telah kami rancang nyaman mungkin," papar Direktur PPNS Muhammad Mahfud.

Ditambah dua kapal wisata milik Pemerintah Kota Surabaya, saat ini ada empat kapal wisata yang beroperasi. Wisatawan bisa menaiki kapal itu dengan tarif Rp 4.000 per orang. Setiap kapal itu menyusuri sungai sejauh 1 kilometer dari kawasan Taman Prestasi menuju Taman Ekspresi.

Sungai Kalimas adalah pecahan dari Sungai Brantas yang berhulu di Kabupaten Mojokerto dan bermuara di Selat Madura. Panjang sungai ini sekitar 12 km dengan lebar 20-30 meter. Sejak masa kolonial, sungai yang membelah Kota Surabaya ini sudah menjadi jalur transportasi, terutama untuk mengangkut barang dagangan dari pelabuhan.

Rismaharini, Sabtu, mencoba menaiki kapal sumbangan PPNS itu. Kapal harus melaju di tengah sungai karena kedalaman hingga 3 meter, sedangkan di pinggir sungai hanya 1 meter. Namun, kapal kedua tak sengaja melaju ke pinggir sungai sehingga mesinnya mendadak mati. Baling-baling kapal terbenam lumpur dan terjatuh tumpukan sampah.

Rismaharini mengatakan, pendangkalan Kalimas dan sampah menjadi perhatiannya dan akan segera diatasi. (den)

Keruk Kalimas Sebelum Bangun 9 Dermaga Wisata

Jumat, 26 Aug 2016 14:00 | editor : admin



AGAR TETAP DALAM: Alat berat mengeruk endapan lumpur. (*Salman Muhiddin/Jawa Pos/JawaPos.com*)

JawaPos.com – Wisata perahu Kalimas bisa dibilang sukses. Itu bisa dilihat dari panjangnya antrian masyarakat yang ingin menikmati objek wisata air tersebut.

Pemkot membuka wisata perahu itu pada Sabtu-Minggu. Sabtu buka pukul 18.00–21.00, sedangkan Minggu pukul 07.00–12.00, lalu pukul 18.00–21.00.

Rata-rata kunjungan per hari mencapai 500 orang. Saat hari libur nasional, pengunjung bisa mencapai 750 orang per hari. Sayang, jumlah perahu masih minim.

Akibatnya, setiap hari ada warga yang kecewa karena tidak bisa menikmati wisata perahu. Pemkot memang hanya menyediakan enam perahu dengan daya tampung 10–20 orang.

Pengunjung sangat ramai karena harga tiket hanya Rp 4.000. Melihat antusiasme masyarakat, pemkot berencana menambah titik-titik dermaga.

Sejauh ini, telah ada sembilan titik potensial yang masuk pada Rencana Pembangunan Jangka Menengah Daerah (RPJMD) 2016–2021.

Mulai pintu air Jagir Wonokromo, berlanjut ke Jembatan BAT, Darmo Kali, hingga Pasar Bunga Kayoon. Titik 5 yang berada di Monkasel, Taman Prestasi, hingga Siola menjadi titik wisata yang telah berjalan.

Setelah itu, bakal dibangun dermaga di Peneleh, Jembatan Jagalan, Jembatan Merah, hingga Jembatan Petekan di ujung utara.

Kepala Dinas Kebudayaan dan Pariwisata (Disbudpar) Surabaya Wiwik Widayati menjelaskan, rencana pengembangan wisata sungai tersebut sudah lama mencuat.

Tetapi, terdapat beberapa kendala. Yang paling utama ialah kedalaman sungai. Saat ini semakin ke utara, sungai semakin dangkal.

”Karena itu, kita dibantu dinas PU selalu melakukan pengerukan,” kata Wiwik saat ditemui di kantornya di gedung Siola.

Selama ini kunjungan wisatawan ke Surabaya semakin meningkat setiap tahun. Pada 2015 saja, terdapat 853.790 wisatawan mancanegara yang berwisata di Surabaya.

Naik lebih dari seratus ribu kunjungan jika dibandingkan dengan 2014. Sementara itu, kunjungan wisatawan lokal mencapai 18.019.629 orang.

Dibandingkan dengan 2014 yang hanya 15.929.745 orang, jumlah tersebut naik pesat.

”Karena itu, kita buat paket-paket wisata, mulai *heritage tour*, *heroes tour*, hingga *religion tour*, nanti terkoneksi dengan wisata Kalimas,” sebut Wiwik.

Saat ini kawasan yang bisa dilewati perahu ada di daerah Taman Prestasi hingga Dermaga Siola.

Terdapat dua alat berat milik Dinas PU Bina Marga dan Pematusan (DPUBMP) Surabaya yang setiap hari mengeruk sedimen.

Dari empat rayon, jumlah sedimen yang dikeruk paling banyak memang berada di Kecamatan Genteng yang menjadi jalur perahu wisata saat ini.

Dua *backhoe* di atas pontong mengeruk bagian tengah sungai hingga kedalaman 3 meter. Lumpur dari tengah sungai dikumpulkan di pinggir hingga terlihat dangkal.

Bila tidak begitu, perahu wisata tidak bisa lewat. Kepala DPUBMP Erna Purnawati menjelaskan, pengerukan dilakukan sepanjang tahun.

Sejak 2011, pihaknya memindahkan sedimen sungai seberat 322.489 ton. DPUBMP memiliki 45 unit alat berat untuk mengatasi masalah sungai tersebut.

”Semua jalur, mulai perkotaan hingga dekat laut, kita keruk,” jelasnya. Selain untuk wisata, pengerukan itu dilakukan guna menambah kapasitas tampungan sungai.

Kedalaman air Kalimas berkisar 1–2 meter. Bila sedimen dikeruk, kedalaman bisa mencapai 3 meter. Lebar sungai bermacam-macam. Mulai 20 hingga 35 meter. (sal/c7/oni/sep/JPG)

Antisipasi Banjir Di Surabaya, Normalisasi Kalimas Dilanjutkan

Selasa 28 November 2017, 15:24 WIB

Zaenal Effendi – detikNews

Surabaya - Pemkot Surabaya tetap menormalisasi Sungai Kalimas, meski hujan sudah turun. Dua alat berat backhoe dikerahkan melakukan normalisasi. Saat ini titik yang sedang dikeruk di kawasan Peneleh.

Kepala Dinas Pekerjaan Umum dan Pematusan Kota Surabaya Erna Purnawati mengatakan, normalisasi Sungai Kalimas dilakukan sejak awal tahun 2017.

"Kita mulai dari pintu air Ngagel dan terus hingga saat ini di Peneleh," kata Erna kepada detikcom, Selasa (28/11/2017).

Normalisasi diharapkan bisa menambah daya tampung air saat terjadi hujan dengan intensitas tinggi. "Serta diharapkan bisa mengurangi debit air di jalan yang dipompa ke sungai," ujarnya.

Jumlah lumpur atau sendimen Sungai Kalimas saat normalisasi, tambah Erna, sangat banyak. "Dump truk yang kami miliki itu kapasitasnya 50 kubik lumpur satu kali angkut. Dalam sehari bisa sampai 15 kali rate karena tidak semua truk melakukan pengangkutan sendimen normalisasi Kalimas," pungkas Erna.

(ze/fat)



6HYM-WET

H-rating 368kW (500mhp)



- 6-cylinder, direct injection, heat exchanger cooling.
- Twin-turbocharger + intercooler.
- Available either with marine gear or without marine gear.
- 4-valves per cylinder for higher combustion efficiency.
- Conform to IMO Tier II emissions regulations.

Specifications

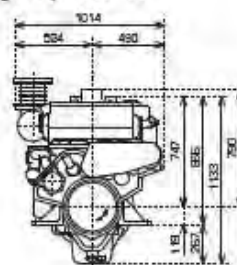
Model	6HYM-WET H-rating	
Number of cylinders	6 in-line	
Bore × stroke	mm	132.9 × 165
Displacement	lit.	13.733
Rated output	kW(hp)/rpm	368(500)/1950
Combustion system	Direct injection	
Aspiration	Turbocharger + intercooler	
Starting system	Electric starting motor (24V 6.0kW)	
Cooling system	Heat exchanger	
Size of flywheel housing and flywheel	SAE #1 and 14 in.	
Dry mass	kg	1385(without marine gear)
Dimensions (L×W×H)	mm	1556×1014×1133

Marine gear specifications

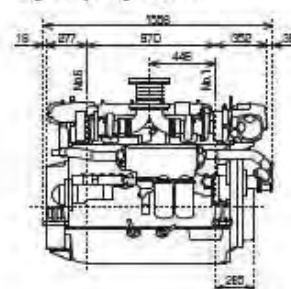
Engine model : 6HYM-WET H-rating						
Model	YXH-160			YX-161L		
Type	Hydraulic multi-disc clutch					
Reduction ratio (Wheel)	1.97	2.46	3.05	3.65	4.08	4.55
Direction of rotation (propeller shaft)	Clockwise or counterclockwise					
Dry weight	kg	396			620	

Dimensions Unit:mm

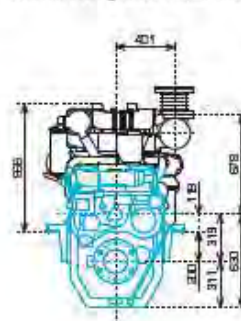
Engine only / Front view



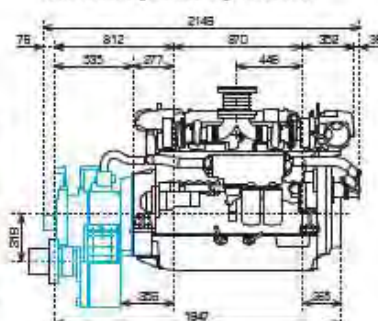
Engine only / Right side view



With YX161L gearbox / Rear view

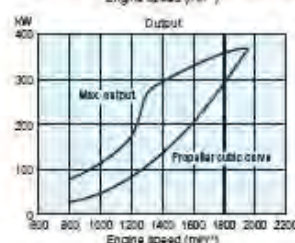
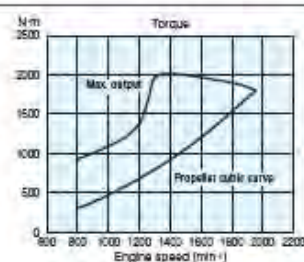
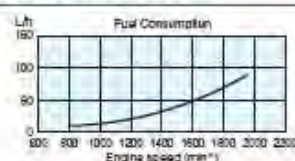


With YX161L gearbox / Right side view



— Marine gear

Performance curves



KOMATSU®

PC200-7

FLYWHEEL HORSEPOWER

107 kW **143 HP** @ 1950 rpm

OPERATING WEIGHT

19400-20010 kg **42,770 - 44,110 lb**

BUCKET CAPACITY

0.48-1.53 m³ **0.63-2.0 yd³**

**PC
200**

HYDRAULIC EXCAVATOR



Photo may include optional equipment.

GALEO

PC200-7 Series Hydraulic Excavator

WALK-AROUND

Productivity Features

- **High Production and Low Fuel Consumption**

Production is increased with larger output during Active mode while fuel efficiency is further improved.

- **Maximum Digging Height is 10 m 32'10"**, a benefit in jobs requiring a longer reach.

Easy Maintenance

- Replacement interval is extended for engine oil, engine oil filter and hydraulic filter
- Remote mounted engine oil filter and fuel drain valve for easy access
- Water separator is standard equipment
- Easier radiator cleaning
- Fuel tank capacity is increased
- SCSH bushings on work equipment extend lubricating interval from 100 hours to 500 hours (excluding bucket)

Bucket Digging Power Is Increased 29%

Over the PC200-6.

Higher Lifting Capacity

PC200-7's lateral stability is improved, and lifting capacity also increased.



PC200-7

HYDRAULIC EXCAVATOR

FLYWHEEL HORSEPOWER
107 kW 143 HP @ 1950 rpm

OPERATING WEIGHT
PC200-7: 19400–20010 kg
42,770–44,110 lb

BUCKET CAPACITY
0.48–1.53 m³
0.63–2.0 yd³

Harmony with Environment

- Low emission engine
A powerful turbocharged and air-to-air aftercooled Komatsu SAA6D102E-2 provides 107 kW 143 HP. This engine meets 2001 EPA emission regulations, EPA Tier 2 emission ready without sacrificing power or machine productivity.
- Economy mode improves fuel consumption
- Low operating noise

Large Comfortable Cab

PC200-7's cab volume is increased by 14%, over the PC200-6 offering an exceptionally roomy operating environment

- Highly pressurized cab with air conditioner
- Low noise design
- Low vibration with cab damper mounting



Excellent Reliability and Durability

- High rigidity work equipment
- Sturdy frame structure
- Reliable Komatsu manufactured major components
- Highly reliable electronic devices

GALEO

Komatsu's highly productive, innovative technology, environmentally friendly machines built for the 21st century.

PRODUCT FEATURES

High Production and Low Fuel Consumption

Engine

The PC200-7 gets its exceptional power and work capacity from a Komatsu SAA6D102E-2 engine. Output is 107 kW (143 HP), providing increased hydraulic power and improved fuel efficiency.

Hydraulics

Unique two-pump system ensures smooth compound movement of the work equipment. HydrauMind controls both pumps for efficient engine power use. This system also reduces hydraulic loss during operation.

Large Digging Height

PC200-7's maximum digging height is 10 m 32'10", facilitating jobs that require a longer reach, such as demolition and slope finishing.

Larger Digging Power Provides Increased Production



Bucket Digging Power is obtained by bucket digging force x bucket digging speed. New PC200-7 bucket digging force is increased by 10% and bucket digging speed is increased by 17%, the resulting total bucket digging power is increased 29% (bucket digging force compared with PC200-6). The digging force and speed generated result in the largest digging power and the largest production in the 20 ton 22 U.S. ton class.

Bucket Digging Force ^{*)}	SAE 138 kN	14 100 kg	31,080 lb
	ISO 149 kN	15200 kg	33,510 lb
Arm Crowd Force ^{*)}	SAE 101 kN	10300 kg	22,710 lb
	ISO 108 kN	11000 kg	24,260 lb

^{*)}Measured with Power Max function, 2925 mm (9'7") arm

Four Working Modes

Working Mode Selection

The PC200-7 excavator is equipped with four working modes (A, E, L and B mode). Each mode is designed to match engine speed, pump output, and system pressure with the current application. This provides the flexibility to match equipment performance to the job at hand.

Economy Mode

Economy mode is environmentally friendly. Fuel consumption is reduced 20% (compared with PC200-7 Active mode) and production is equal to the PC200-6 Heavy-duty mode.

Power Max Function

This function temporarily increases digging force by 7% for added power in tough situations.

Lifting Mode

When the Lifting mode is selected, lifting capacity is increased by 7% by raising hydraulic pressure.

Working Mode	Application	Features
A	Active mode	<ul style="list-style-type: none"> Maximum production/power Fast cycle time
E	Economy mode	<ul style="list-style-type: none"> Excellent fuel economy
L	Lifting mode	<ul style="list-style-type: none"> Hydraulic pressure is increased by 7%
B	Breaker operation	<ul style="list-style-type: none"> Optimum engine rpm, hydraulic flow

Automatic Three-Speed

Travel speed is automatically shifted from high to low speed according to the pressure required to travel.

	High	Mid	Low
Travel Speed	5.5 km/h 3.4 mph	4.1 km/h 2.5 mph	3.0 km/h 1.9 mph

WORKING ENVIRONMENT

PC200-7 cab interior is spacious and provides a comfortable working environment.

Large Comfortable Cab

Comfortable Cab

New PC200-7's cab volume is increased by 14%, offering an exceptionally comfortable operating environment. The large cab permits full flat reclining of the seat back.

Pressurized Cab

The air conditioner, air filter and a higher internal air pressure (5.0 mm Aq 0.2" Aq) prevent external dust from entering the cab.

Low Noise Design

Noise level is remarkably reduced, not only engine noise but also noise when swinging and hydraulic relief.

Low Vibration with Cab Damper Mounting

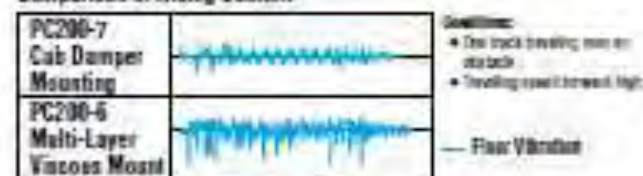
PC200-7 uses new, improved multi-layer viscous mount system that incorporates longer stroke and the addition of a spring. The new cab damper mounting combined with strengthened left and right side decks aids vibration reduction at the operator's seat.

Vibration at floor is reduced from 120 dB (VL) to 115 dB (VL).

dB (VL) is index for expressing size of vibration.



Comparison of Riding Comfort



Pitch vertical direction on graph shows size of vibration.



Rear View Mirror



Sliding Window



Washable Cab Floorcover

The PC200-7's cab floorcover is easy to keep clean. The easily detached surface has a rugged bottom and drainage holes for quick removal.

SPECIFICATIONS



ENGINE

Model	Komatsu SAA6D102E-2
Type	Water-cooled, 4-cycle, direct injection
Aspiration	Turbocharged and air-to-air aftercooling
Number of cylinders	6
Bore	102 mm 4.02"
Stroke	120 mm 4.72"
Piston displacement	5.68 to 350 in ³
Power rating (SAE J1005 conditions)	
*Gross	150 HP 111.0 kW @ 1050 rpm
Flywheel	143 hp 106.6 kW @ 1050 rpm
Governor	All-speed control, mechanical
Meets 2001 EPA emission regulations, EPA Tier 2 emission ready.	



HYDRAULICS

Type	HydraMind (Hydraulic Mechanical Intelligence New Design) system, closed-center system with load sensing valves and pressure compensated valves		
Number of selectable working modes	4		
Main pump			
Type	Variable displacement piston type		
Pumps for	Boom, arm, bucket, swing, and travel circuits		
Maximum flow	426 l/min 113 U.S. gal/min		
Supply for control circuit	Self-reducing valve		
Hydraulic motors			
Travel	2 x axial piston motor with parking brake		
Swing	1 x axial piston motor with swing holding brake		
Relief valve setting			
Implement circuit	37.3 MPa 380 kgf/cm ² 5,400 psi		
Travel circuit	37.3 MPa 380 kgf/cm ² 5,400 psi		
Swing circuit	28.9 MPa 290 kgf/cm ² 4,125 psi		
Pilot circuit	3.2 MPa 33 kgf/cm ² 470 psi		
Hydraulic cylinders			
(Number of cylinders – bore x stroke x rod diameter)			
Boom	2 – 130 mm x 1334 mm x 90 mm 5.1" x 52.5" x 3.5"		
Arm	1 – 135 mm x 1490 mm x 95 mm 5.3" x 58.7" x 3.7"		
Bucket	1 – 115 mm x 1120 mm x 80 mm 4.5" x 44.1" x 3.2"		



DRIVES AND BRAKES

Steering control		Two levers with pedals	
Drive method		Hydraulic	
Maximum drawbar pull		178 kN 18200 kg 40,120 lb	
Gradeability		70%, 35°	
Maximum travel speed	High	5.5 km/h 3.4 mph	
(Auto-Shift)	Mid	4.1 km/h 2.5 mph	
	Low	3.0 km/h 1.9 mph	
Service brake		Hydraulic lock	
Parking brake		Mechanical disc brake	



SWING SYSTEM

Drive method	Hydrostatic
Swing reduction	Planetary gear
Swing circle lubrication	Grease-bathed
Service brake	Hydraulic lock
Holding brake/Swing lock	Mechanical disc brake
Swing speed	12.4 rpm



UNDERCARRIAGE

Center frame	X-frame
Track frame	Box-section
Seal of track	Sealed track
Track adjuster	Hydraulic
Number of shoes (each side)	45
Number of carrier rollers	2 each side
Number of track rollers (each side)	7



COOLANT AND LUBRICANT CAPACITY (REFILLING)

Fuel tank	400 to 105.7 U.S. gal
Coolant	22.4 to 5.9 U.S. gal
Engine	24.0 to 6.3 U.S. gal
Final drive, each side	4.5 to 1.2 U.S. gal
Swing drive	5.8 to 1.7 U.S. gal
Hydraulic tank	143 to 37.8 U.S. gal



OPERATING WEIGHT (APPROXIMATE)

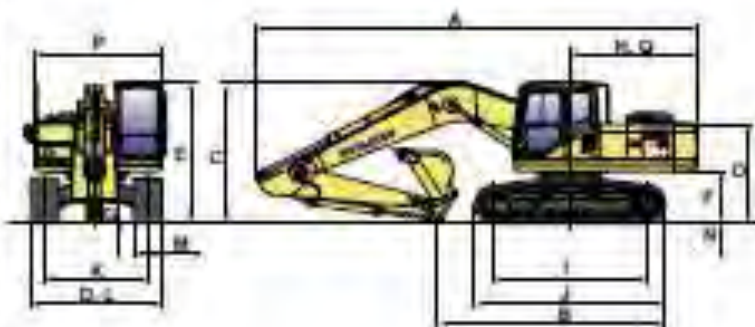
Operating weight including 5700 mm 18'6" one-piece boom, 2025 mm 9'7" arm, SAE heaped 0.80 m³ 1.05 yd³ backhoe bucket, full capacity of lubricants, coolant, full fuel tank, operator, and standard equipment.

Sheet	PC200-7	
	Operating Weight	Ground Pressure
720 mm 28"	19750 kg 43,640 lb	39.2 kPa 0.40 kgf/cm ² 5.69 psi
800 mm 31.5"	20010 kg 44,110 lb	34.3 kPa 0.35 kgf/cm ² 4.98 psi

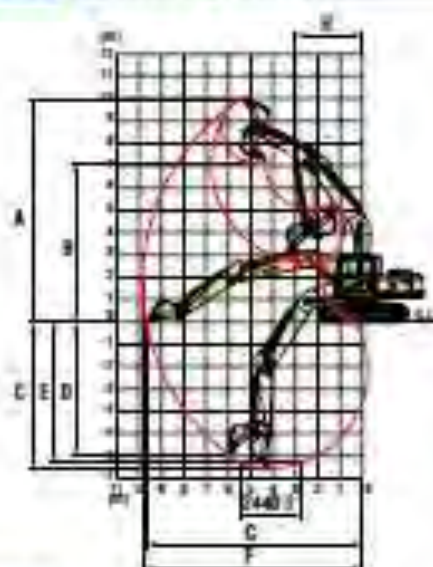


DIMENSIONS

Arm length	2410 mm	7'11"	2025 mm	6'7"
A Overall length	9400 mm	31'2"	9425 mm	30'11"
B Length on ground (transport)	5700 mm	18'9"	4825 mm	15'10"
C Overall height (to top of boom)	3190 mm	10'6"	2570 mm	8'6"
D Overall width	3000 mm	9'10"		
E Overall height (to top of cab)	3000 mm	9'10"		
F Ground clearance (maximum)	1080 mm	3'7"		
G Ground clearance (minimum)	440 mm	1'5"		
H Tail swing radius	7750 mm	25'5"		
I Track length on ground	3270 mm	10'9"		
J Track length	4080 mm	13'5"		
K Track gauge	2200 mm	7'3"		
L Width of crawler	3000 mm	9'10"		
M Shoe width	800 mm	2'6"		
N Crawler height	25 mm	1.0"		
O Machine cab height	2000 mm	6'7"		
P Machine cab width	2710 mm	8'11"		
Q Shoulder, upper roller to top seat	7710 mm	25'3"		



WORKING RANGE



Arm	2410 mm	7'11"	2025 mm	6'7"
A Max. digging height	9400 mm	31'2"	9300 mm	30'7"
B Max. dumping height	6800 mm	22'6"	7115 mm	23'4"
C Max. digging depth	6200 mm	20'4"	5620 mm	18'6"
D Max. vertical wall digging depth	5400 mm	17'9"	5080 mm	16'8"
E Max. digging depth of cut for 90°	5700 mm	18'9"	5210 mm	17'1"
F Max. digging reach	9350 mm	30'9"	9050 mm	29'8"
G Max. digging reach at ground level	9100 mm	30'0"	8700 mm	28'7"
H Max. swing radius	7750 mm	25'5"	7040 mm	23'1"
Full swing	Rated digging force at power max.	138 kN	138 kN	
		3100 kg/21,000 lb	3100 kg/21,000 lb	
Full swing	Arm crowd force at power max.	124 kN	101 kN	
		2790 kg/22,700 lb	2250 kg/20,000 lb	
Full swing	Rated digging force at power max.	145 kN	145 kN	
		3250 kg/23,500 lb	3250 kg/23,500 lb	
Full swing	Arm crowd force at power max.	127 kN	108 kN	
		2830 kg/24,200 lb	2400 kg/21,200 lb	



STANDARD EQUIPMENT

- Air conditioner with defroster
- Alternator, 50 Ampere, 24V
- Auto-Decl
- Automatic deceleration system for fuel line
- Automatic engine warm-up system
- Batteries, large capacity
- Boom and arm holding valve
- Cab
- Counterweight
- Dry type air cleaner, double element
- Electric horn
- Engine, Komatsu SAA6D102S-2
- Engine overheat prevention system
- Fan guard structure
- Hydraulic track adjusters (each side)
- Multi-function color monitor
- Power hydrating system
- PPC hydraulic control system
- Radiator and oil cooler dustproof net
- Reentry mirror, RH, LH
- Seat belt, retractable
- Seat, suspension
- Service valve
- Shoes, triple grouser, 800 mm 31.5"
- Starting motor, 4.5 kW/24V x 1
- Track guiding guard, bend section
- Travel alarm
- Working light, 2 (boom and RH)
- Working mode selection system

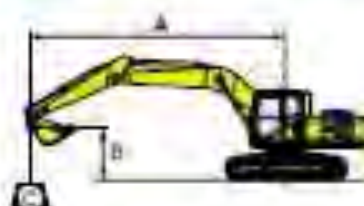


OPTIONAL EQUIPMENT

- Arms
 - 2025 mm 6'7" arm assembly
 - 2025 mm 6'7" HD arm assembly w/ piping
 - 2410 mm 7'11" arm assembly
- Booms
 - 5700 mm 18'9" boom
 - 5700 mm 18'9" HD boom with piping
- Cab front and top guards
- Converter, 12V
- High Ambient Temperature Spec.
- Rain view
- Shoes, triple grouser, 700 mm 28"
- Sun visor
- Track frame undercover
- Track roller guards (full length)



LIFTING CAPACITY



- A: Reach from swing center
- B: Bucket back height
- C: Lifting capacity
- C1: Rating over front
- C2: Rating over side
- C3: Rating at maximum reach

Conditions:

- Arm: 2625 mm (8'7")
- Boom length: 5700 mm (18'9")
- Bucket: 0.8 m³ (1.05 yd³) (SAC tested)
- Bucket weight: 520 kg (1,135 lb)

PC200-7 Data: 750 mm 28" shoe grade												
A B	1.5 m 5'		3.0 m 10'		4.5 m 15'		6.0 m 20'		7.5 m 25'		9.0 m 30'	
	C1	C2	C1	C2	C1	C2	C1	C2	C1	C2	C1	C2
7.5 m 25'							*3800 kg +8,300 lb	*3800 kg +8,300 lb			*2700 kg +5,900 lb	*2700 kg +5,900 lb
6.0 m 20'							*3200 kg +7,000 lb	*3200 kg +7,000 lb			*2500 kg +5,500 lb	*2500 kg +5,500 lb
4.5 m 15'							*2800 kg +6,100 lb	*2800 kg +6,100 lb	*4000 kg +8,800 lb	*3500 kg +7,700 lb	*2500 kg +5,500 lb	*2200 kg +4,900 lb
3.0 m 10'			*13700 kg +30,200 lb	*11500 kg +25,400 lb	*9900 kg +21,800 lb	*8600 kg +18,900 lb	*7500 kg +16,500 lb	*6500 kg +14,300 lb	*5500 kg +12,100 lb	*4500 kg +9,900 lb	*3500 kg +7,700 lb	*2500 kg +5,500 lb
1.5 m 5'			*7500 kg +16,500 lb	*7500 kg +16,500 lb	*6800 kg +15,000 lb	*5800 kg +12,800 lb	*5000 kg +11,000 lb	*4200 kg +9,200 lb	*3500 kg +7,700 lb	*2800 kg +6,200 lb	*2000 kg +4,400 lb	*1500 kg +3,300 lb
0 m 0'			*8000 kg +17,600 lb	*8000 kg +17,600 lb	*6800 kg +15,000 lb	*5800 kg +12,800 lb	*5000 kg +11,000 lb	*4200 kg +9,200 lb	*3500 kg +7,700 lb	*2800 kg +6,200 lb	*2000 kg +4,400 lb	*1500 kg +3,300 lb
-1.5 m -5'	*12800 kg +28,200 lb	*12800 kg +28,200 lb	*11200 kg +24,700 lb	*9600 kg +21,200 lb	*8200 kg +18,200 lb	*7000 kg +15,400 lb	*6000 kg +13,200 lb	*5000 kg +11,000 lb	*4000 kg +8,800 lb	*3000 kg +6,600 lb	*2000 kg +4,400 lb	*1500 kg +3,300 lb
-3.0 m -10'	*13200 kg +29,200 lb	*11000 kg +24,200 lb	*10300 kg +22,700 lb	*8800 kg +19,400 lb	*7500 kg +16,500 lb	*6300 kg +13,900 lb	*5300 kg +11,600 lb	*4500 kg +9,900 lb			*4000 kg +8,800 lb	*3500 kg +7,700 lb
-4.5 m -15'			*10500 kg +23,100 lb	*9100 kg +20,000 lb	*7800 kg +17,200 lb	*6700 kg +14,800 lb					*3800 kg +8,400 lb	*3300 kg +7,300 lb

* Load is limited by hydraulic capacity rather than tipping. Ratings are based on SAE Standard No. J1107. Rated loads do not exceed 87% of hydraulic lift capacity or 75% of tipping load.

PC200-7 Data: 600 mm 24" shoe grade												
A B	1.5 m 5'		3.0 m 10'		4.5 m 15'		6.0 m 20'		7.5 m 25'		9.0 m 30'	
	C1	C2	C1	C2	C1	C2	C1	C2	C1	C2	C1	C2
7.5 m 25'							*3800 kg +8,300 lb	*3800 kg +8,300 lb			*2700 kg +5,900 lb	*2700 kg +5,900 lb
6.0 m 20'							*3200 kg +7,000 lb	*3200 kg +7,000 lb			*2500 kg +5,500 lb	*2500 kg +5,500 lb
4.5 m 15'							*2800 kg +6,100 lb	*2800 kg +6,100 lb	*4000 kg +8,800 lb	*3500 kg +7,700 lb	*2500 kg +5,500 lb	*2200 kg +4,900 lb
3.0 m 10'			*12500 kg +27,500 lb	*11000 kg +24,200 lb	*9500 kg +21,000 lb	*8200 kg +18,200 lb	*7000 kg +15,400 lb	*6000 kg +13,200 lb	*5000 kg +11,000 lb	*4000 kg +8,800 lb	*3000 kg +6,600 lb	*2000 kg +4,400 lb
1.5 m 5'			*7500 kg +16,500 lb	*7500 kg +16,500 lb	*6800 kg +15,000 lb	*5800 kg +12,800 lb	*5000 kg +11,000 lb	*4200 kg +9,200 lb	*3500 kg +7,700 lb	*2800 kg +6,200 lb	*2000 kg +4,400 lb	*1500 kg +3,300 lb
0 m 0'			*8000 kg +17,600 lb	*8000 kg +17,600 lb	*6800 kg +15,000 lb	*5800 kg +12,800 lb	*5000 kg +11,000 lb	*4200 kg +9,200 lb	*3500 kg +7,700 lb	*2800 kg +6,200 lb	*2000 kg +4,400 lb	*1500 kg +3,300 lb
-1.5 m -5'	*12800 kg +28,200 lb	*12800 kg +28,200 lb	*11200 kg +24,700 lb	*9600 kg +21,200 lb	*8200 kg +18,200 lb	*7000 kg +15,400 lb	*6000 kg +13,200 lb	*5000 kg +11,000 lb	*4000 kg +8,800 lb	*3000 kg +6,600 lb	*2000 kg +4,400 lb	*1500 kg +3,300 lb
-3.0 m -10'	*13200 kg +29,200 lb	*11000 kg +24,200 lb	*10300 kg +22,700 lb	*8800 kg +19,400 lb	*7500 kg +16,500 lb	*6300 kg +13,900 lb	*5300 kg +11,600 lb	*4500 kg +9,900 lb			*4000 kg +8,800 lb	*3500 kg +7,700 lb
-4.5 m -15'			*10500 kg +23,100 lb	*9100 kg +20,000 lb	*7800 kg +17,200 lb	*6700 kg +14,800 lb					*3800 kg +8,400 lb	*3300 kg +7,300 lb

* Load is limited by hydraulic capacity rather than tipping. Ratings are based on SAE Standard No. J1107. Rated loads do not exceed 87% of hydraulic lift capacity or 75% of tipping load.

AES6601-01

©2003 Komatsu Printed in USA

DK0317 5M/C

03/03/EV-1)

KOMATSU

440 N. Fairway Drive
P.O. Box 5112
Morton Hill, IL 60061-5112



LAMPIRAN B
PERHITUNGAN ANALISIS TEKNIS

Jarak Lintasan	=	3000 m	3000
Lebar	=	20 m	
Kedalaman Sekarang	=	3 m	
Tinggi Jembatan	=	3.33 m	
Massa jenis lumpur	=	746 kg/m ³ =	0.746 ton/m ³
Tinggi sedimentasi	=	1 m	
Rencana Kedalaman Pengerukan	=	4 m	
Volume	=	60000 m ³	
Pengerukan Dalam 4 bulan	=	96 hari	
Hari kerja dalam seminggu	=	6 hari	
Volume pengangkutan per hari	=	625 m ³	
Perkiraan pengangkutan per hari	=	5 kali	
Berat muatan dalam ton	=	93.25 ton	
	diambil =	94 ton (payload)	
Volume akhir	=	126.005 m ³	126.0053619
Luasan Ruang Muat	=	14.71 m ²	
Panjang Hopper =	=	8.56597 diambil	8.6 m
Ukuran Penampang Ruang Muat :			
	B =	6.8 m	
	H =	2.2 m	
Luasan Ruang Muat	=	14.71 m ²	
L ₁	=	15 m	
B ₁	=	8 m	
H ₁	=	2.8 m	
T ₁	=	1.5 m	



$$\begin{aligned}
 L_{\text{SL}} &= 13 \text{ m} & (L_{90}) & \quad \text{Service Speed} = 7 \text{ knot} = 3.6008 \text{ m/s} \\
 B_{\text{SL}} &= 3 \text{ m} & g &= 9.81 \text{ m/s}^2 \\
 H_{\text{SL}} &= 2.8 \text{ m} \\
 T_{\text{SL}} &= 1.5 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 L/B &= 1.875 \\
 B/T &= 5.333333 & \text{Untuk metode 256} \\
 T/H &= 0.535714
 \end{aligned}$$

Froude number

$$Fr = VS / \sqrt{g \times LWL}$$

$$Fr = 0.296833$$

Ship Design and Construction, ch. 11 pg. 1
by SNAME and editor Thomas Lamb

$$C_D = C - 1.68 Fr$$

$$= 0.561313$$

Bahan Ajar Desain Kapal 1, Week 5, Select Main
Dimensions

$$\begin{aligned}
 C &= 1.08 \text{ for single screw} \\
 &= 1.09 \text{ for twin screw} \\
 &= 1.08 \text{ often used now}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 C_D &= (0.14/Fr_{\text{SL}}) (L/B+20)/26 \\
 &= 0.396811
 \end{aligned}$$

$$C_D = 1 \text{ Karena Barge}$$

$$C_D = 0.612 \text{ Berdasarkan Maxsurf}$$

OPTIMISASI 256

Variasi Ukuran Utama :

Fno + X%	Lo/Bo + X%	Bo/To + X%	To/Ho + X%
0.2820	1.7813	5.0667	0.5089
0.2919	1.8437	5.2444	0.5268
0.3018	1.9063	5.4222	0.5446
0.3117	1.9688	5.6000	0.5625

Fno =	0.2968
Lo/Bo =	1.88
Bo/To =	5.33
To/Ho =	0.54
Vs	3.60 m/s

Variasi pertambahan X%

X	Fno + X%	X	Lo/Bo + X%	X	Bo/To + X%	X	To/Ho + X%
-5.00%	0.2820	-5.00%	1.7813	-5.00%	5.0667	-5.00%	0.5089
-1.667%	0.2919	-1.667%	1.8437	-1.667%	5.2444	-1.667%	0.5268
1.667%	0.3018	1.667%	1.9063	1.667%	5.4222	1.667%	0.5446
5.00%	0.3117	5.00%	1.9688	5.00%	5.6000	5.00%	0.5625

Optimasi 256 :

No	Fn	L	B	T	H	Cb	Cm	Cp	Cwp	LCB (%)	LCB (m)	LCB (m)	∇ (m³)	Δ (ton)
1	0.2820	16.6205	9.3308	1.8416	3.6186	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2704	8.0398	174.7879	174.7879
2	0.2820	16.6205	9.3308	1.8416	3.4959	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2704	8.5807	174.7879	174.7879
3	0.2820	16.6205	9.3308	1.8416	3.3813	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2704	8.5807	174.7879	174.7879
4	0.2820	16.6205	9.3308	1.8416	3.2740	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2704	8.5807	174.7879	174.7879
5	0.2820	16.6205	9.3308	1.7792	3.4959	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2704	8.5807	168.8635	168.8635
6	0.2820	16.6205	9.3308	1.7792	3.3774	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2704	8.5807	168.8635	168.8635
7	0.2820	16.6205	9.3308	1.7792	3.2667	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2704	8.5807	168.8635	168.8635
8	0.2820	16.6205	9.3308	1.7792	3.1630	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2704	8.5807	168.8635	168.8635
9	0.2820	16.6205	9.3308	1.7208	3.3813	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2704	8.5807	163.3259	163.3259
10	0.2820	16.6205	9.3308	1.7208	3.2667	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2704	8.5807	163.3259	163.3259
11	0.2820	16.6205	9.3308	1.7208	3.1596	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2704	8.5807	163.3259	163.3259
12	0.2820	16.6205	9.3308	1.7208	3.0593	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2704	8.5807	163.3259	163.3259
13	0.2820	16.6205	9.3308	1.6662	3.2740	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2704	8.5807	158.1415	158.1415
14	0.2820	16.6205	9.3308	1.6662	3.1630	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2704	8.5807	158.1415	158.1415
15	0.2820	16.6205	9.3308	1.6662	3.0593	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2704	8.5807	158.1415	158.1415
16	0.2820	16.6205	9.3308	1.6662	2.9622	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2704	8.5807	158.1415	158.1415
17	0.2820	16.6205	9.0145	1.7792	3.4959	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2704	8.5807	163.1399	163.1399
18	0.2820	16.6205	9.0145	1.7792	3.3774	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2704	8.5807	163.1399	163.1399
19	0.2820	16.6205	9.0145	1.7792	3.2667	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2704	8.5807	163.1399	163.1399
20	0.2820	16.6205	9.0145	1.7792	2.9970	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2704	8.5807	163.1399	163.1399
21	0.2820	16.6205	9.0145	1.7189	3.3774	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2704	8.5807	157.6102	157.6102
22	0.2820	16.6205	9.0145	1.7189	3.2630	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2704	8.5807	157.6102	157.6102
23	0.2820	16.6205	9.0145	1.7189	3.1560	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2704	8.5807	157.6102	157.6102
24	0.2820	16.6205	9.0145	1.7189	3.0558	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2704	8.5807	157.6102	157.6102
25	0.2820	16.6205	9.0145	1.6625	3.2667	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2704	8.5807	152.4417	152.4417
26	0.2820	16.6205	9.0145	1.6625	3.1560	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2704	8.5807	152.4417	152.4417
27	0.2820	16.6205	9.0145	1.6625	3.0525	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2704	8.5807	152.4417	152.4417
28	0.2820	16.6205	9.0145	1.6625	2.9556	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2704	8.5807	152.4417	152.4417
29	0.2820	16.6205	9.0145	1.6097	3.1630	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2704	8.5807	147.6027	147.6027
30	0.2820	16.6205	9.0145	1.6097	3.0558	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2704	8.5807	147.6027	147.6027

dipilih

OPTIMISASI 256

31	0.2820	16.6205	9.0145	1.6097	2.9556	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2704	8.5807	147.6027	147.6027
32	0.2820	16.6205	9.0145	1.6097	2.8618	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2704	8.5807	147.6027	147.6027
33	0.2820	16.6205	8.7189	1.7208	3.3813	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2704	8.5807	152.6155	152.6155
34	0.2820	16.6205	8.7189	1.7208	3.2667	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2704	8.5807	152.6155	152.6155
35	0.2820	16.6205	8.7189	1.7208	3.1596	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2704	8.5807	152.6155	152.6155
36	0.2820	16.6205	8.7189	1.7208	3.0593	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2704	8.5807	152.6155	152.6155
37	0.2820	16.6205	8.7189	1.6625	3.2667	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2704	8.5807	147.4426	147.4426
38	0.2820	16.6205	8.7189	1.6625	3.1560	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2704	8.5807	147.4426	147.4426
39	0.2820	16.6205	8.7189	1.6625	3.0525	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2704	8.5807	147.4426	147.4426
40	0.2820	16.6205	8.7189	1.6625	2.9556	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2704	8.5807	147.4426	147.4426
41	0.2820	16.6205	8.7189	1.6080	3.1596	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2704	8.5807	142.6075	142.6075
42	0.2820	16.6205	8.7189	1.6080	3.0525	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2704	8.5807	142.6075	142.6075
43	0.2820	16.6205	8.7189	1.6080	2.9524	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2704	8.5807	142.6075	142.6075
44	0.2820	16.6205	8.7189	1.6080	2.8587	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2704	8.5807	142.6075	142.6075
45	0.2820	16.6205	8.7189	1.5570	3.0593	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2704	8.5807	138.0807	138.0807
46	0.2820	16.6205	8.7189	1.5570	2.9556	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2704	8.5807	138.0807	138.0807
47	0.2820	16.6205	8.7189	1.5570	2.8587	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2704	8.5807	138.0807	138.0807
48	0.2820	16.6205	8.7189	1.5570	2.7679	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2704	8.5807	138.0807	138.0807
49	0.2820	16.6205	8.4422	1.6662	3.2740	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2704	8.5807	143.0804	143.0804
50	0.2820	16.6205	8.4422	1.6662	3.1630	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2704	8.5807	143.0804	143.0804
51	0.2820	16.6205	8.4422	1.6662	3.0593	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2704	8.5807	143.0804	143.0804
52	0.2820	16.6205	8.4422	1.6662	2.9622	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2704	8.5807	143.0804	143.0804
53	0.2820	16.6205	8.4422	1.6097	3.1630	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2704	8.5807	138.2307	138.2307
54	0.2820	16.6205	8.4422	1.6097	3.0558	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2704	8.5807	138.2307	138.2307
55	0.2820	16.6205	8.4422	1.6097	2.9556	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2704	8.5807	138.2307	138.2307
56	0.2820	16.6205	8.4422	1.6097	2.8618	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2704	8.5807	138.2307	138.2307
57	0.2820	16.6205	8.4422	1.5570	3.0593	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2704	8.5807	133.6976	133.6976
58	0.2820	16.6205	8.4422	1.5570	2.9556	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2704	8.5807	133.6976	133.6976
59	0.2820	16.6205	8.4422	1.5570	2.8587	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2704	8.5807	133.6976	133.6976
60	0.2820	16.6205	8.4422	1.5570	2.7679	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2704	8.5807	133.6976	133.6976
61	0.2820	16.6205	8.4422	1.5075	2.9622	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2704	8.5807	129.4537	129.4537
62	0.2820	16.6205	8.4422	1.5075	2.8618	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2704	8.5807	129.4537	129.4537
63	0.2820	16.6205	8.4422	1.5075	2.7679	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2704	8.5807	129.4537	129.4537
64	0.2820	16.6205	8.4422	1.5075	2.6801	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2704	8.5807	129.4537	129.4537
65	0.2919	15.5129	8.7090	1.7189	3.3774	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2524	8.0089	142.1207	142.1207
66	0.2919	15.5129	8.7090	1.7189	3.2630	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2524	8.0089	142.1207	142.1207
67	0.2919	15.5129	8.7090	1.7189	3.1560	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2524	8.0089	142.1207	142.1207
68	0.2919	15.5129	8.7090	1.7189	3.0558	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2524	8.0089	142.1207	142.1207
69	0.2919	15.5129	8.7090	1.6606	3.2630	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2524	8.0089	137.3035	137.3035
70	0.2919	15.5129	8.7090	1.6606	3.1524	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2524	8.0089	137.3035	137.3035

OPTIMISASI 256

71	0.2919	15.5129	8.7090	1.6606	3.0490	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2524	8.0089	137.3035	137.3035
72	0.2919	15.5129	8.7090	1.6606	2.9522	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2524	8.0089	137.3035	137.3035
73	0.2919	15.5129	8.7090	1.6062	3.1560	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2524	8.0089	132.8009	132.8009
74	0.2919	15.5129	8.7090	1.6062	3.0490	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2524	8.0089	132.8009	132.8009
75	0.2919	15.5129	8.7090	1.6062	2.9490	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2524	8.0089	132.8009	132.8009
76	0.2919	15.5129	8.7090	1.6062	2.8554	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2524	8.0089	132.8009	132.8009
77	0.2919	15.5129	8.7090	1.5552	3.0558	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2524	8.0089	128.5854	128.5854
78	0.2919	15.5129	8.7090	1.5552	2.9522	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2524	8.0089	128.5854	128.5854
79	0.2919	15.5129	8.7090	1.5552	2.8554	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2524	8.0089	128.5854	128.5854
80	0.2919	15.5129	8.7090	1.5552	2.7648	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2524	8.0089	128.5854	128.5854
81	0.2919	15.5129	8.4138	1.6606	3.2630	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2524	8.0089	132.6496	132.6496
82	0.2919	15.5129	8.4138	1.6606	3.1524	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2524	8.0089	132.6496	132.6496
83	0.2919	15.5129	8.4138	1.6606	3.0490	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2524	8.0089	132.6496	132.6496
84	0.2919	15.5129	8.4138	1.6606	2.9522	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2524	8.0089	132.6496	132.6496
85	0.2919	15.5129	8.4138	1.6043	3.1524	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2524	8.0089	128.1535	128.1535
86	0.2919	15.5129	8.4138	1.6043	3.0455	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2524	8.0089	128.1535	128.1535
87	0.2919	15.5129	8.4138	1.6043	2.9456	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2524	8.0089	128.1535	128.1535
88	0.2919	15.5129	8.4138	1.6043	2.8521	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2524	8.0089	128.1535	128.1535
89	0.2919	15.5129	8.4138	1.5517	3.0490	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2524	8.0089	123.9509	123.9509
90	0.2919	15.5129	8.4138	1.5517	2.9456	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2524	8.0089	123.9509	123.9509
91	0.2919	15.5129	8.4138	1.5517	2.8491	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2524	8.0089	123.9509	123.9509
92	0.2919	15.5129	8.4138	1.5517	2.7586	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2524	8.0089	123.9509	123.9509
93	0.2919	15.5129	8.4138	1.5025	2.9522	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2524	8.0089	120.0163	120.0163
94	0.2919	15.5129	8.4138	1.5025	2.8521	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2524	8.0089	120.0163	120.0163
95	0.2919	15.5129	8.4138	1.5025	2.7586	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2524	8.0089	120.0163	120.0163
96	0.2919	15.5129	8.4138	1.5025	2.6710	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2524	8.0089	120.0163	120.0163
97	0.2919	15.5129	8.1379	1.6062	3.1560	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2524	8.0089	124.0922	124.0922
98	0.2919	15.5129	8.1379	1.6062	3.0490	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2524	8.0089	124.0922	124.0922
99	0.2919	15.5129	8.1379	1.6062	2.9490	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2524	8.0089	124.0922	124.0922
100	0.2919	15.5129	8.1379	1.6062	2.8554	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2524	8.0089	124.0922	124.0922
101	0.2919	15.5129	8.1379	1.5517	3.0490	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2524	8.0089	119.8861	119.8861
102	0.2919	15.5129	8.1379	1.5517	2.9456	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2524	8.0089	119.8861	119.8861
103	0.2919	15.5129	8.1379	1.5517	2.8491	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2524	8.0089	119.8861	119.8861
104	0.2919	15.5129	8.1379	1.5517	2.7586	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2524	8.0089	119.8861	119.8861
105	0.2919	15.5129	8.1379	1.5008	2.9490	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2524	8.0089	115.9546	115.9546
106	0.2919	15.5129	8.1379	1.5008	2.8491	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2524	8.0089	115.9546	115.9546
107	0.2919	15.5129	8.1379	1.5008	2.7556	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2524	8.0089	115.9546	115.9546
108	0.2919	15.5129	8.1379	1.5008	2.6681	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2524	8.0089	115.9546	115.9546
109	0.2919	15.5129	8.1379	1.4532	2.8554	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2524	8.0089	112.2739	112.2739
110	0.2919	15.5129	8.1379	1.4532	2.7586	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2524	8.0089	112.2739	112.2739

OPTIMISASI 256

111	0.2919	15.5129	8.1379	1.4532	2.6681	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2524	8.0089	112.2739	112.2739
112	0.2919	15.5129	8.1379	1.4532	2.5835	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2524	8.0089	112.2739	112.2739
113	0.2919	15.5129	7.8796	1.5552	3.0558	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2524	8.0089	116.3392	116.3392
114	0.2919	15.5129	7.8796	1.5552	2.9522	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2524	8.0089	116.3392	116.3392
115	0.2919	15.5129	7.8796	1.5552	2.8554	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2524	8.0089	116.3392	116.3392
116	0.2919	15.5129	7.8796	1.5552	2.7648	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2524	8.0089	116.3392	116.3392
117	0.2919	15.5129	7.8796	1.5025	2.9522	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2524	8.0089	112.3959	112.3959
118	0.2919	15.5129	7.8796	1.5025	2.8521	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2524	8.0089	112.3959	112.3959
119	0.2919	15.5129	7.8796	1.5025	2.7586	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2524	8.0089	112.3959	112.3959
120	0.2919	15.5129	7.8796	1.5025	2.6710	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2524	8.0089	112.3959	112.3959
121	0.2919	15.5129	7.8796	1.4532	2.8554	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2524	8.0089	108.7100	108.7100
122	0.2919	15.5129	7.8796	1.4532	2.7586	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2524	8.0089	108.7100	108.7100
123	0.2919	15.5129	7.8796	1.4532	2.6681	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2524	8.0089	108.7100	108.7100
124	0.2919	15.5129	7.8796	1.4532	2.5835	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2524	8.0089	108.7100	108.7100
125	0.2919	15.5129	7.8796	1.4071	2.7648	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2524	8.0089	105.2593	105.2593
126	0.2919	15.5129	7.8796	1.4071	2.6710	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2524	8.0089	105.2593	105.2593
127	0.2919	15.5129	7.8796	1.4071	2.5835	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2524	8.0089	105.2593	105.2593
128	0.2919	15.5129	7.8796	1.4071	2.5014	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2524	8.0089	105.2593	105.2593
129	0.3018	14.5121	8.1472	1.6080	3.1596	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2361	7.4922	116.3518	116.3518
130	0.3018	14.5121	8.1472	1.6080	3.0525	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2361	7.4922	116.3518	116.3518
131	0.3018	14.5121	8.1472	1.6080	2.9524	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2361	7.4922	116.3518	116.3518
132	0.3018	14.5121	8.1472	1.6080	2.8587	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2361	7.4922	116.3518	116.3518
133	0.3018	14.5121	8.1472	1.5535	3.0525	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2361	7.4922	112.4080	112.4080
134	0.3018	14.5121	8.1472	1.5535	2.9490	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2361	7.4922	112.4080	112.4080
135	0.3018	14.5121	8.1472	1.5535	2.8523	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2361	7.4922	112.4080	112.4080
136	0.3018	14.5121	8.1472	1.5535	2.7618	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2361	7.4922	112.4080	112.4080
137	0.3018	14.5121	8.1472	1.5025	2.9524	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2361	7.4922	108.7218	108.7218
138	0.3018	14.5121	8.1472	1.5025	2.8523	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2361	7.4922	108.7218	108.7218
139	0.3018	14.5121	8.1472	1.5025	2.7588	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2361	7.4922	108.7218	108.7218
140	0.3018	14.5121	8.1472	1.5025	2.6712	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2361	7.4922	108.7218	108.7218
141	0.3018	14.5121	8.1472	1.4549	2.8587	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2361	7.4922	105.2707	105.2707
142	0.3018	14.5121	8.1472	1.4549	2.7618	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2361	7.4922	105.2707	105.2707
143	0.3018	14.5121	8.1472	1.4549	2.6712	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2361	7.4922	105.2707	105.2707
144	0.3018	14.5121	8.1472	1.4549	2.5864	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2361	7.4922	105.2707	105.2707
145	0.3018	14.5121	7.8710	1.5535	3.0525	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2361	7.4922	108.5980	108.5980
146	0.3018	14.5121	7.8710	1.5535	2.9490	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2361	7.4922	108.5980	108.5980
147	0.3018	14.5121	7.8710	1.5535	2.8523	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2361	7.4922	108.5980	108.5980
148	0.3018	14.5121	7.8710	1.5535	2.7618	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2361	7.4922	108.5980	108.5980
149	0.3018	14.5121	7.8710	1.5008	2.9490	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2361	7.4922	104.9170	104.9170
150	0.3018	14.5121	7.8710	1.5008	2.8491	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2361	7.4922	104.9170	104.9170

OPTIMISASI 256

151	0.3018	14.5121	7.8710	1.5008	2.7556	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2361	7.4922	104.9170	104.9170
152	0.3018	14.5121	7.8710	1.5008	2.6681	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2361	7.4922	104.9170	104.9170
153	0.3018	14.5121	7.8710	1.4516	2.8523	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2361	7.4922	101.4765	101.4765
154	0.3018	14.5121	7.8710	1.4516	2.7556	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2361	7.4922	101.4765	101.4765
155	0.3018	14.5121	7.8710	1.4516	2.6653	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2361	7.4922	101.4765	101.4765
156	0.3018	14.5121	7.8710	1.4516	2.5807	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2361	7.4922	101.4765	101.4765
157	0.3018	14.5121	7.8710	1.4055	2.7618	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2361	7.4922	98.2553	98.2553
158	0.3018	14.5121	7.8710	1.4055	2.6681	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2361	7.4922	98.2553	98.2553
159	0.3018	14.5121	7.8710	1.4055	2.5807	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2361	7.4922	98.2553	98.2553
160	0.3018	14.5121	7.8710	1.4055	2.4987	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2361	7.4922	98.2553	98.2553
161	0.3018	14.5121	7.6129	1.5025	2.9524	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2361	7.4922	101.5922	101.5922
162	0.3018	14.5121	7.6129	1.5025	2.8523	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2361	7.4922	101.5922	101.5922
163	0.3018	14.5121	7.6129	1.5025	2.7588	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2361	7.4922	101.5922	101.5922
164	0.3018	14.5121	7.6129	1.5025	2.6712	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2361	7.4922	101.5922	101.5922
165	0.3018	14.5121	7.6129	1.4516	2.8523	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2361	7.4922	98.1487	98.1487
166	0.3018	14.5121	7.6129	1.4516	2.7556	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2361	7.4922	98.1487	98.1487
167	0.3018	14.5121	7.6129	1.4516	2.6653	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2361	7.4922	98.1487	98.1487
168	0.3018	14.5121	7.6129	1.4516	2.5807	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2361	7.4922	98.1487	98.1487
169	0.3018	14.5121	7.6129	1.4040	2.7588	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2361	7.4922	94.9301	94.9301
170	0.3018	14.5121	7.6129	1.4040	2.6653	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2361	7.4922	94.9301	94.9301
171	0.3018	14.5121	7.6129	1.4040	2.5779	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2361	7.4922	94.9301	94.9301
172	0.3018	14.5121	7.6129	1.4040	2.4960	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2361	7.4922	94.9301	94.9301
173	0.3018	14.5121	7.6129	1.3594	2.6712	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2361	7.4922	91.9167	91.9167
174	0.3018	14.5121	7.6129	1.3594	2.5807	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2361	7.4922	91.9167	91.9167
175	0.3018	14.5121	7.6129	1.3594	2.4960	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2361	7.4922	91.9167	91.9167
176	0.3018	14.5121	7.6129	1.3594	2.4168	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2361	7.4922	91.9167	91.9167
177	0.3018	14.5121	7.3712	1.4549	2.8587	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2361	7.4922	95.2449	95.2449
178	0.3018	14.5121	7.3712	1.4549	2.7618	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2361	7.4922	95.2449	95.2449
179	0.3018	14.5121	7.3712	1.4549	2.6712	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2361	7.4922	95.2449	95.2449
180	0.3018	14.5121	7.3712	1.4549	2.5864	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2361	7.4922	95.2449	95.2449
181	0.3018	14.5121	7.3712	1.4055	2.7618	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2361	7.4922	92.0166	92.0166
182	0.3018	14.5121	7.3712	1.4055	2.6681	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2361	7.4922	92.0166	92.0166
183	0.3018	14.5121	7.3712	1.4055	2.5807	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2361	7.4922	92.0166	92.0166
184	0.3018	14.5121	7.3712	1.4055	2.4987	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2361	7.4922	92.0166	92.0166
185	0.3018	14.5121	7.3712	1.3594	2.6712	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2361	7.4922	88.9990	88.9990
186	0.3018	14.5121	7.3712	1.3594	2.5807	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2361	7.4922	88.9990	88.9990
187	0.3018	14.5121	7.3712	1.3594	2.4960	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2361	7.4922	88.9990	88.9990
188	0.3018	14.5121	7.3712	1.3594	2.4168	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2361	7.4922	88.9990	88.9990
189	0.3018	14.5121	7.3712	1.3163	2.5864	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2361	7.4922	86.1739	86.1739
190	0.3018	14.5121	7.3712	1.3163	2.4987	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2361	7.4922	86.1739	86.1739

OPTIMISASI 256

191	0.3018	14.5121	7.3712	1.3163	2.4168	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2361	7.4922	86.1739	86.1739
192	0.3018	14.5121	7.3712	1.3163	2.3401	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2361	7.4922	86.1739	86.1739
193	0.3117	13.6054	7.6381	1.5075	2.9622	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2214	7.0241	95.8776	95.8776
194	0.3117	13.6054	7.6381	1.5075	2.8618	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2214	7.0241	95.8776	95.8776
195	0.3117	13.6054	7.6381	1.5075	2.7679	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2214	7.0241	95.8776	95.8776
196	0.3117	13.6054	7.6381	1.5075	2.6801	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2214	7.0241	95.8776	95.8776
197	0.3117	13.6054	7.6381	1.4564	2.8618	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2214	7.0241	92.6279	92.6279
198	0.3117	13.6054	7.6381	1.4564	2.7648	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2214	7.0241	92.6279	92.6279
199	0.3117	13.6054	7.6381	1.4564	2.6741	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2214	7.0241	92.6279	92.6279
200	0.3117	13.6054	7.6381	1.4564	2.5892	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2214	7.0241	92.6279	92.6279
201	0.3117	13.6054	7.6381	1.4087	2.7679	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2214	7.0241	89.5903	89.5903
202	0.3117	13.6054	7.6381	1.4087	2.6741	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2214	7.0241	89.5903	89.5903
203	0.3117	13.6054	7.6381	1.4087	2.5864	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2214	7.0241	89.5903	89.5903
204	0.3117	13.6054	7.6381	1.4087	2.5043	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2214	7.0241	89.5903	89.5903
205	0.3117	13.6054	7.6381	1.3640	2.6801	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2214	7.0241	86.7464	86.7464
206	0.3117	13.6054	7.6381	1.3640	2.5892	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2214	7.0241	86.7464	86.7464
207	0.3117	13.6054	7.6381	1.3640	2.5043	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2214	7.0241	86.7464	86.7464
208	0.3117	13.6054	7.6381	1.3640	2.4248	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2214	7.0241	86.7464	86.7464
209	0.3117	13.6054	7.3792	1.4564	2.8618	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2214	7.0241	89.4882	89.4882
210	0.3117	13.6054	7.3792	1.4564	2.7648	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2214	7.0241	89.4882	89.4882
211	0.3117	13.6054	7.3792	1.4564	2.6741	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2214	7.0241	89.4882	89.4882
212	0.3117	13.6054	7.3792	1.4564	2.5892	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2214	7.0241	89.4882	89.4882
213	0.3117	13.6054	7.3792	1.4071	2.7648	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2214	7.0241	86.4550	86.4550
214	0.3117	13.6054	7.3792	1.4071	2.6710	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2214	7.0241	86.4550	86.4550
215	0.3117	13.6054	7.3792	1.4071	2.5835	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2214	7.0241	86.4550	86.4550
216	0.3117	13.6054	7.3792	1.4071	2.5014	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2214	7.0241	86.4550	86.4550
217	0.3117	13.6054	7.3792	1.3609	2.6741	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2214	7.0241	83.6199	83.6199
218	0.3117	13.6054	7.3792	1.3609	2.5835	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2214	7.0241	83.6199	83.6199
219	0.3117	13.6054	7.3792	1.3609	2.4987	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2214	7.0241	83.6199	83.6199
220	0.3117	13.6054	7.3792	1.3609	2.4194	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2214	7.0241	83.6199	83.6199
221	0.3117	13.6054	7.3792	1.3177	2.5892	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2214	7.0241	80.9655	80.9655
222	0.3117	13.6054	7.3792	1.3177	2.5014	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2214	7.0241	80.9655	80.9655
223	0.3117	13.6054	7.3792	1.3177	2.4194	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2214	7.0241	80.9655	80.9655
224	0.3117	13.6054	7.3792	1.3177	2.3426	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2214	7.0241	80.9655	80.9655
225	0.3117	13.6054	7.1373	1.4087	2.7679	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2214	7.0241	83.7152	83.7152
226	0.3117	13.6054	7.1373	1.4087	2.6741	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2214	7.0241	83.7152	83.7152
227	0.3117	13.6054	7.1373	1.4087	2.5864	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2214	7.0241	83.7152	83.7152
228	0.3117	13.6054	7.1373	1.4087	2.5043	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2214	7.0241	83.7152	83.7152
229	0.3117	13.6054	7.1373	1.3609	2.6741	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2214	7.0241	80.8777	80.8777
230	0.3117	13.6054	7.1373	1.3609	2.5835	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2214	7.0241	80.8777	80.8777

OPTIMISASI 256

231	0.3117	13.6054	7.1373	1.3609	2.4987	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2214	7.0241	80.8777	80.8777
232	0.3117	13.6054	7.1373	1.3609	2.4194	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2214	7.0241	80.8777	80.8777
233	0.3117	13.6054	7.1373	1.3163	2.5864	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2214	7.0241	78.2255	78.2255
234	0.3117	13.6054	7.1373	1.3163	2.4987	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2214	7.0241	78.2255	78.2255
235	0.3117	13.6054	7.1373	1.3163	2.4168	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2214	7.0241	78.2255	78.2255
236	0.3117	13.6054	7.1373	1.3163	2.3401	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2214	7.0241	78.2255	78.2255
237	0.3117	13.6054	7.1373	1.2745	2.5043	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2214	7.0241	75.7424	75.7424
238	0.3117	13.6054	7.1373	1.2745	2.4194	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2214	7.0241	75.7424	75.7424
239	0.3117	13.6054	7.1373	1.2745	2.3401	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2214	7.0241	75.7424	75.7424
240	0.3117	13.6054	7.1373	1.2745	2.2658	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2214	7.0241	75.7424	75.7424
241	0.3117	13.6054	6.9107	1.3640	2.6801	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2214	7.0241	78.4849	78.4849
242	0.3117	13.6054	6.9107	1.3640	2.5892	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2214	7.0241	78.4849	78.4849
243	0.3117	13.6054	6.9107	1.3640	2.5043	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2214	7.0241	78.4849	78.4849
244	0.3117	13.6054	6.9107	1.3640	2.4248	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2214	7.0241	78.4849	78.4849
245	0.3117	13.6054	6.9107	1.3177	2.5892	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2214	7.0241	75.8246	75.8246
246	0.3117	13.6054	6.9107	1.3177	2.5014	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2214	7.0241	75.8246	75.8246
247	0.3117	13.6054	6.9107	1.3177	2.4194	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2214	7.0241	75.8246	75.8246
248	0.3117	13.6054	6.9107	1.3177	2.3426	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2214	7.0241	75.8246	75.8246
249	0.3117	13.6054	6.9107	1.2745	2.5043	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2214	7.0241	73.3381	73.3381
250	0.3117	13.6054	6.9107	1.2745	2.4194	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2214	7.0241	73.3381	73.3381
251	0.3117	13.6054	6.9107	1.2745	2.3401	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2214	7.0241	73.3381	73.3381
252	0.3117	13.6054	6.9107	1.2745	2.2658	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2214	7.0241	73.3381	73.3381
253	0.3117	13.6054	6.9107	1.2341	2.4248	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2214	7.0241	71.0101	71.0101
254	0.3117	13.6054	6.9107	1.2341	2.3426	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2214	7.0241	71.0101	71.0101
255	0.3117	13.6054	6.9107	1.2341	2.2658	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2214	7.0241	71.0101	71.0101
256	0.3117	13.6054	6.9107	1.2341	2.1939	0.6120	1.0000	0.6120	0.7413	-1.6272	-0.2214	7.0241	71.0101	71.0101

1 Ship Resistance Calculation

Ship dimensions

$$\begin{aligned}L_{pp} &= 16.25 \text{ m} \\L_{wl} &= 16.62 \text{ m} \\B &= 9.01 \text{ m} \\H &= 2.80 \text{ m} \\T &= 1.78 \text{ m} \\V_h &= 7.00 \text{ knot} \\V_s &= 3.60 \text{ m/s}\end{aligned}$$

Froude number and LCB

$$\begin{aligned}F_n &= 0.2819957 \\LCB &= -1.6272 \% L_{wl}\end{aligned}$$

Environmental factor

$$\begin{aligned}g &= 9.81 \text{ m/s}^2 \\p_{sw} &= 1 \text{ ton/m}^3 \\p_{sw} &= 1000 \text{ kg/m}^3\end{aligned}$$

Ship displacement

$$\begin{aligned}\nabla &= 163.1 \text{ m}^3 \\\Delta &= 163.1 \text{ ton}\end{aligned}$$

Ship coefficients

$$\begin{aligned}C_{D1} &= 0.612 \\C_M &= 1 \\C_F &= 0.612 \\C_{WR} &= 0.541\end{aligned}$$

Total Resistance

$$R_t = R_f + R_w + R_a$$

Frictional Resistance

$$\begin{aligned}R_f &= 0.000136 F_1 A_1 V^2 \\R_f &= 0.1576486 \text{ ton}\end{aligned}$$

*Rules for The Towing Survey of Barges and Tugboats.
Korean Register*

$$\begin{aligned}F_1 &= \text{Hull surface condition coefficient, } 0.8 \\A_1 &= \text{Surface area below waterline (m}^2\text{)} \\A_1 &= 29.571 \text{ m}^2 \\V &= \text{Towing velocity or Barge's velocity (knots)} \\V &= 7 \text{ knots}\end{aligned}$$

Wave Making Resistance

$$R_w = 0.014CF_sA_sV^2$$

$$R_w = 3.9608761 \text{ ton}$$

Air Resistance

$$R_a = 0.0000195C_wC_{H1}A_1(V_w + V)^2$$

$$R_a = 0.0322207 \text{ ton}$$

$$R_t = R_w + R_a + R_s$$

$$R_t = 4.1507454 \text{ ton}$$

$$R_t = 40.718812 \text{ kN}$$

$$C = \text{Resistance coefficient of rough sea condition, 1.1}$$

$$A_s = \text{Hull cross sectional area below the waterline (m}^2\text{)}$$

$$A_s = 16.039 \text{ m}^2$$

$$F_2 = \text{Bow shape coefficient as obtained from Table 1}$$

$$F_2 = 0.3$$

$$A_1 = \text{Total cross sectional area exposed to wind above waterline (m}^2\text{)}$$

$$A_1 = 9.102 \text{ m}^2$$

$$C_s = \text{Shape coefficient of hull surface facing the wind as obtained at Table 2}$$

$$C_s = 1$$

$$C_{H1} = \text{Coefficient of height from waterline to center of area facing the wind as obtained at Table 3}$$

$$C_{H1} = 1$$

$$V_w = \text{wind velocity at service area (knots)}$$

$$V_w = 6.4 \text{ knots}$$

Table 1 Bow shape coefficient





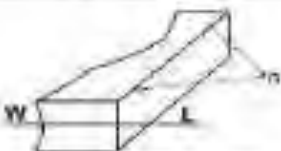
Bow shape	C_{B0}
	0.200
	0.300
	0.400
	0.500
	0.600

Table 1 Shape coefficient of hull surface facing the wind

Shape of hull surface	C_s
spherical	0.4
cylindrical	0.5
log buoy	0.7
log cord	0.7
large flat hull/deck house	1.0
chaotered deck house	1.1
lattice structure	1.25
crane beam, etc	1.5

Table 3 Coefficient of height from waterline to center of area facing the wind

Height from waterline (m)	C_H
0 - 15.0	1.0
15.0 - 30.0	1.1
30.0 - 45.0	1.2
45.0 - 60.0	1.3
60.0 - 75.0	1.37
75.0 - 90.0	1.43
90.0 - 105.0	1.48
105.0 - 120.0	1.53
120.0 - 135.0	1.58
135.0 - 150.0	1.60
150.0 - 165.0	1.63
165.0 - 180.0	1.67
180.0 - 195.0	1.70
195.0 - 210.0	1.72
210.0 - 225.0	1.75
225.0 - 240.0	1.77
240.0 - 255.0	1.78
more than 255	1.80

2 Ship Power and Propulsion Calculation

Ship dimensions

L_{PP} =	16.25 m
L_{WL} =	16.62 m
B =	9.01 m
H =	2.80 m
T =	1.78 m
V_S =	7.00 knot
V_S =	3.60 m/s

Ship resistances

R_T =	4.150745 ton
R_T =	40.72 kN
R_T =	40718.8 N

Ship coefficients

C_B =	0.612
C_M =	1
C_P =	0.612
C_{WW} =	0.541

Effective power

$$\begin{aligned} \text{EHP} &= R_T \times V_S \\ \text{EHP} &= 146.62 \text{ kW} \end{aligned}$$

Delivered power

η_D =	0.30 - 0.75	4 blades B-series propeller
η_D =	0.6	

K_T, K_Q, and Efficiency Curves for the Wageningen B-Series Propellers, by M.M. Bernitsas, D. Ray, and P. Kinley

$$\begin{aligned} \text{DHP} &= \text{EHP} / \eta_D \\ \text{DHP} &= 244.3672 \text{ kW} \end{aligned}$$

Shaft power

$$\eta_m \times \eta_b = 0.88 \quad \text{for machinery aft}$$

$$\begin{aligned} \text{SHP} &= \text{DHP} / (\eta_m \times \eta_b) \\ \text{SHP} &= 249.3543 \text{ kW} \end{aligned}$$

Brake power

$$\eta_b = 0.975 \quad \text{for medium speed diesel}$$

$$\begin{aligned} \text{BHP} &= \text{SHP} / \eta_b \\ \text{BHP} &= 255.7479 \text{ kW} \end{aligned}$$

Maximum Continuous Rating

$$MCR = BHP(1 + M_D)/(1 - M_S)$$

$$MCR = 309.9063 \text{ kW}$$

$$M_D = \text{Power design margin, } 3\% - 5\%$$

$$M_S = \text{Power service margin, } 15\% - 25\%$$

$$M_D = 3\%$$

$$M_S = 15\%$$

Generator power

$$P_{\text{generator}} = 24\% \times MCR$$

$$P_{\text{generator}} = 74.37752 \text{ kW}$$

$$P_{\text{generator}} = 99.74174 \text{ HP}$$

Main engine power

$$P_{\text{engine}} = MCR$$

$$P_{\text{engine}} = 309.9063 \text{ kW}$$

$$P_{\text{engine}} = 415.59 \text{ HP}$$

Note

η_b = line bearing efficiency

η_h = hull efficiency

η_o = open water propeller efficiency

η_{hp} = behind the hull condition propeller efficiency

η_r = relative rotative efficiency

η_s = stem tube bearing efficiency

η_t = overall transmission efficiency

Perencanaan Winch dan Pemilihan Genset

- Gaya Tarik Winch Barrel

$$T_b = \frac{(P + Q)}{(p \times K)} \quad (\text{kN})$$

$$T_b = 59.61419 \text{ kN}$$

Keterangan :

P = Berat total *spud* yang ditarik

15.83502 ton

Q = Berat cargo *hook* dan *schackle* $(2.2 \sim 2.8) \times P$
Konstanta diambil 2.2

Q = 34.83704 ton

p = *efficiency + pulley*, diambil 1

K = *safety factor*

0.85

- Diameter Winch Barrel

$$D_{bd} = D_b + d_i (2z - 1)$$

0.585 m

Keterangan :

D_b = Diameter drum, maksimal = 0.4

d_i = Diameter tali = $D_b / 17$

0.02352941 m

z = Jumlah lilitan tali pada drum, diambil 4 lilitan

- Torsi yang Dibutuhkan Pada Shaft Barrel

$$M_{bd} = 0.5 \times D_{bd} \times T_b / b \quad (\text{ton.m})$$

21.0403 ton.m

Keterangan :

b = *efficiency winch barrel*, diambil 0.8

T_b = 59.61419

D_{bd} = 0.585

- Overall Gearing Ratio

$$I_{wt} = N_m / N_{bd}$$

59.13151

Keterangan :

N_m = putaran poros motor listrik (500-3000) rpm

diambil 1000 rpm

N_{bd} = Kecepatan putar barrel

$19.1 (V_{bd} / D_{bd})$ (m/s)

V_{bd} = kecepatan mengangkut beban (0.33 - 0.5) m/s

diambil 0.5 m/s

- Torsi Motor Penggerak

$$M_{\text{red}} = M_{\text{sd}} + (I_{\text{sd}} + W_d)$$

80.92181 ton.m

Keterangan :

$$W_d = \text{efisiensi keseluruhan (0.65-0.75)}$$

diambil 0.75

- Total Tenaga Winch Spud

$$N_s = M_{\text{red}} \times N_m / 71620$$

1.129877 HP sama dengan 0.842551 kW

Jadi, Genset yang dipakai tipe Yamaha EF 2800 FW

Dimensi 510x415x425 mm

Berat = 41 kg 0.041 ton

$$1 \text{ kVA} = 0.8 \text{ kW}$$

1.053188 kVA

3 Perhitungan Konstruksi

Ship dimensions

$L_{pp} =$	16.25 m
$L_{WL} =$	16.62 m
$B =$	9.01 m
$H =$	2.80 m
$T =$	1.78 m
$V_S =$	7.00 knot
$V_S =$	3.60 m/s

$L_{kons} =$

96% $L_{wl} =$	96% x 017 =	15.956	m
97% $L_{wl} =$	97% x 017 =	16.122	m
$L_{kons} =$		16.25	m

$$P_0 = 2,1 \cdot (C_B + 0,7) \cdot C_0 \cdot C_L \cdot f \cdot C_{RW} \quad [\text{kN/m}^2]$$

$$C_0 = (L/25 + 4,1) C_{RW}; \text{ untuk } L < 90 \text{ m}$$

$$C_0 = 2.850$$

$$f = 1 \quad \text{pelat}$$

$$f = 0.75 \quad \text{penegar}$$

$$f = 0.6 \quad \text{penunpu}$$

$$C_L = (L/90)^{1/2} \quad L < 90 \text{ m}$$

$$= 0.425$$

$$C_L = 1 \quad L \geq 90 \text{ m}$$

$$C_{RW} = 0.60 \quad \text{Sheltered Shallow Water Service}$$

$$P_{01} = 2,6(C_B + 0,7) \cdot C_0 \cdot C_L \quad [\text{kN/m}^2]$$

$$C_b = 0.612$$

$$C_L = 0.425$$

$$C_{RW} = 0.60$$

Maka,

$$P_0 = 2.001957 \quad [\text{kN/m}^2] \quad (\text{untuk pelat})$$

$$P_0 = 1.501467 \quad [\text{kN/m}^2] \quad (\text{untuk penegar})$$

$$P_0 = 1.201174 \quad [\text{kN/m}^2] \quad (\text{untuk penunpu})$$

$$P_{01} = 4.131022 \quad [\text{kN/m}^2]$$

$$C_f = 1,0 + 5/C_b [0,2 - x/L] = 1.816993 \quad A$$

$$C_f = 1 = M$$

$$C_f = 1 + 20/C_b [x/L - 0,7]^2 = 1.326797 \quad F$$

$$P_B = 10 \cdot T + P_o \cdot C_F$$

$$P_{B1} = 10 \cdot T + P_{o1} \cdot 2 \cdot (y/B)$$

dimana:

$$C_f = 1.82$$

$$C_f = 1.00$$

$$C_f = 1.33$$

$$P_o = 2.00 \text{ [kN/m}^2\text{]} \quad \text{Pelat}$$

$$P_o = 1.50 \text{ [kN/m}^2\text{]} \quad \text{Penegar}$$

$$P_o = 1.20 \text{ [kN/m}^2\text{]} \quad \text{Penunpu}$$

$$P_{o1} = 4.1 \text{ [kN/m}^2\text{]}$$

Maka,

$$P_B = 21.42939 \text{ [kN/m}^2\text{]} \quad \text{Pelat}$$

$$P_B = 20.52001 \text{ [kN/m}^2\text{]} \quad \text{Penegar}$$

$$P_B = 19.97438 \text{ [kN/m}^2\text{]} \quad \text{Penunpu}$$

Untuk beban alas pada *range* $0 \leq x/L \leq 0,2$

$$P_B = 19.79381 \text{ [kN/m}^2\text{]} \quad \text{Pelat}$$

$$P_B = 19.29332 \text{ [kN/m}^2\text{]} \quad \text{Penegar}$$

$$P_B = 18.99303 \text{ [kN/m}^2\text{]} \quad \text{Penunpu}$$

Untuk beban alas pada *range* $0,2 \leq x/L \leq 0,7$

$$P_B = 20.44804 \text{ [kN/m}^2\text{]} \quad \text{Pelat}$$

$$P_B = 19.784 \text{ [kN/m}^2\text{]} \quad \text{Penegar}$$

$$P_B = 19.38557 \text{ [kN/m}^2\text{]} \quad \text{Penunpu}$$

Untuk beban alas pada *range* $0,7 \leq x/L \leq 1$

Tebal Pelat Alas

$$t_{B1} = 1,9 \times n_f \times x \times (P_B \cdot k)^{1/2} + t_k$$

$$t_{B2} = 1,21 \cdot a \cdot (P_B \cdot k)^{1/2} + t_k$$

$$t_{\min} = (1,5 - 0,01 L) (L \cdot k)^{1/2}$$

untuk $L < 50 \text{ m}$

Tebal pelat alas di ruang muat $L < 90 \text{ m}$

$$k = 1$$

$$t_k = 1,5 \text{ untuk } f' < 10 \text{ mm}$$

		a =	0.41 aft 0.51 mid 0.61 fore	1.5
Untuk tebal pelat alas di area $0 \leq x/L \leq 0,2$				
$t_{B1} = 5.106139$, diambil	6 mm			
$t_{B2} = 3.796541$, diambil	4 mm			
$t_{min} = 5.391635$, diambil	6 mm			
	maka, diambil tebal =	6 mm		
Untuk tebal pelat alas di area $0,2 \leq x/L \leq 0,7$				
$t_{B1} = 5.985684$, diambil	7 mm		0.006	
$t_{B2} = 4.356673$, diambil	5 mm		0.005	
$t_{min} = 5.391635$, diambil	6 mm			
	maka, diambil tebal =	7 mm		
Untuk tebal pelat alas di area $0,7 \leq x/L \leq 1$				
$t_{B1} = 6.86523$, diambil	7 mm		0.007	
$t_{B2} = 4.916805$, diambil	5 mm			
$t_{min} = 5.391635$, diambil	6 mm			
	maka, diambil tebal =	7 mm		
		0.007		

*Diasumsikan tebal pelat keseluruhan kapal mengikuti tebal pelat alas dan digunakan untuk perhitungan selanjutnya

Modulus

$W = c \cdot T \cdot e \cdot l^2$	c =	4.5 , elsewhere	Untuk Pos 1
$W = 184.6461 \text{ cm}^3$	e =	0.41 m	
	l =	7.5 m	
$W = c \cdot T \cdot e \cdot l^2$	c =	4.5 , elsewhere	Untuk Pos 2
$W = 229.6817 \text{ cm}^3$	e =	0.51 m	
114.8408	l =	7.5 m	
$W = c \cdot T \cdot e \cdot l^2$	c =	4.5 , elsewhere	Untuk pos 3
$W = 274.7173 \text{ cm}^3$	e =	0.61 m	
	l =	7.5 m	

Pos 1	L 150x100x10	Sesuai dengan Aneks BKI katalog profil	A1=	0.0025 m ²
Pos 2	L 150x100x12		A2=	0.003 m ²
Pos 3	L 180x90x12		A3=	0.00324 m ²

*Diasumsikan modulus alas sama dengan modulus sisi

4 Weight Calculation

Ship dimensions:

L_{pp} =	16.25 m
L_{wl} =	16.62 m
B =	9.01 m
H =	2.80 m
T =	1.78 m
V_s =	7.00 knot
V_s =	3.60 m/s
ρ_{seas} =	7.85 ton/m ³

Pos 1

Part	V (m ³)	W (ton)	LOG (m)	VCG (m)	momen LOG	Momen VCG
Main Engine		2.365	4.85	0.8	11.47025	1.892
Marine Gear		0.645	5.63	0.6	3.63135	0.387
Pelat	0.0792	0.62172	4.5	2.05	2.79774	1.274526
Stiffener	0.0495	0.388575	7.5	2.05	2.9143125	0.79657875
	0.1962	1.54017	3.68	0.003	5.6678256	0.00462051
	0.09324	0.731934	4.060122	0.75	2.971741573	0.5489505
	0.117	0.91845	3.85	1.3	3.5360325	1.193985
	0.0999	0.784215	6.68	1	5.2385562	0.784215
	0.10575	0.830138	2.68	0.75	2.2247685	0.622603125
	0.136875	1.074469	4.5	2.6	4.835109375	2.79361875
	0.0505	0.396425	4.22	1.3	1.6729135	0.5153525
	0.0505	0.396425	4.63	1.3	1.83544775	0.5153525
	0.0505	0.396425	5.45	1.3	2.16051625	0.5153525
	0.0505	0.396425	5.86	1.3	2.3230505	0.5153525
	0.0505	0.396425	6.68	1.3	2.648119	0.5153525
	0.0505	0.396425	7.09	1.3	2.81065325	0.5153525
Girdar	0.0381	0.299085	1.81	1.3	0.54134385	0.3888105
	0.0381	0.299085	2.83	1.3	0.84641055	0.3888105
	0.0381	0.299085	3.34	1.3	0.9989439	0.3888105
	0.0231	0.181335	5.68	0.1	1.0299828	0.0181335
	0.02961	0.232439	2.68	0.3	0.62293518	0.06973155
	0.047625	0.373856	2.32	1	0.8673465	0.37385625
	0.063125	0.495531	6.27	1	3.106980938	0.49553125
	0.063125	0.495531	5.04	1	2.4974775	0.49553125
Total		11.94417			54.14820772	13.73042794

LOG = -4.53344343 dari midship

VCG = 1.149550853 dari baseline

Pos 2

Part	V (m ³)	W (ton)	LCG (m)	VOG (m)	momen LCG	Momen VOG
Pelat	0.2184	1.71444	1.5	1.3	2.57166	2.228772
Stiffener	0.036	0.2826	1.5	2.6	0.4239	0.73476
	0.1365	1.071525	3.85	1.3	4.12537125	1.3929825
	0.280875	2.204869	1.18	0.6	2.601745125	1.32292125
	0.315	2.47275	1.5	0.0034	3.709125	0.00840735
	0.0381	0.299085	-1.3	1.3	-0.3888105	0.3888105
	0.0381	0.299085	-0.28	1.3	-0.0837438	0.3888105
	0.0381	0.299085	0.23	1.3	0.06878955	0.3888105
	0.0381	0.299085	1.25	1.3	0.37385625	0.3888105
	0.0381	0.299085	1.76	1.3	0.5263896	0.3888105
	0.0381	0.299085	2.78	1.3	0.8314563	0.3888105
	0.0381	0.299085	3.29	1.3	0.98398965	0.3888105
	0.065448	0.513767	4.46	1.3	2.291399928	0.66789684
Girder	0.047625	0.373856	-0.79	1	-0.29534644	0.37385625
	0.047625	0.373856	0.74	1	0.276653625	0.37385625
	0.047625	0.373856	2.27	1	0.848653688	0.37385625
	0.06741	0.529169	1.18	0.3	0.62441883	0.15875055
Total		12.00428			19.48950806	10.35773274

LCG = 1.623546228 dari midship

VOG = 0.862836449 dari baseline

Pos 3

Part	V (m ³)	W (ton)	LCG (m)	VOG (m)	momen LCG	Momen VOG
Pelat	0.097552	0.765783	5.4	1.3	4.13522928	0.99551816
	0.031339	0.246011	6.9	1.4	1.697476935	0.34441561
	0.049225	0.386416	5.4	2.6	2.08664775	1.00468225
	0.02695	0.211558	7.5	2.6	1.58668125	0.5500495
	0.047285	0.371187	6.9	0.75	2.561192025	0.278390438
	0.068915	0.540983	5.4	0.0034	2.92130685	0.001839341
Stiffener	0.057024	0.447638	5.07	1	2.269526688	0.4476384
	0.039528	0.310295	6.29	1	1.951754292	0.3102948
	0.034603	0.271635	6.9	1	1.874282328	0.27163512
Girder	0.0126	0.09891	6.29	0.3	0.6221439	0.029673
	0.07128	0.559548	5.68	1	3.17823264	0.559548
Total		4.209964			24.88447394	4.793684619

LCG = 5.910851365 dari midship

VOG = 1.13865205 dari baseline

Superstructure

Part	V (m ³)	W (ton)	LCG	VCG (m)	moment LCG	Moment VCG
Atap	0.01587	0.12458	-5.4	4.4	-0.6727293	0.5481498
	0.06348	0.498318	-1.4	3	-1.6909172	1.494954
Total		0.622898			-3.3636465	2.0431038

LCG = -5.4 dari midship

VCG = 3.28 dari baseline

Blok

LCG_{blok} = -2.399046 m dari midship

LCG_{AP} = 5.725954 m dari AP

LCG_{FP} = 10.52405 m dari FP

Berat_{blok} = 28.78131 ton

VCG_{blok} = 1.07448 m dari baseline

Spud

Direncanakan ada dua spud

A = 0.1681 m²

L = 6 m

W = 7.91751 ton

2 spud = 15.83502 ton

LCG = -6.2 m 1.925

VCG = 2.5 m

Generator Set

W = 0.041 ton

VCG = 0.2125 m

LCG = -5.2 m

Weight

Backhoe Module =	20 ton	20000 kg
Main Engine =	2.365 ton	2365 kg
Payload =	94 ton	94000 kg
Marine gear =	0.645 ton	645 kg

Coolant =	22.4 liter	0.024888889
Fuel Tank =	400 liter	0.444444444
Engine =	24 liter	0.026666667
Final Drive =	4.5 liter	0.005
Swing Drive =	6.6 liter	0.007333333
Hydraulic Tank =	143 liter	0.158888889
	117610.5	
	117.6105 ton	

Berat Fuel Oil

Berat FO Backhoe =	0.4711111 ton	VCG =	0.8	m
Berat FO M.E =	0.1111111 ton	LCG =	-5.2	m
Berat FO Genset =	0.6666667 ton			
W_{fo} =	Berat FO Backhoe + Berat FO M.E + Berat FO Genset:			
	0.648889 ton			

Berat Crew

W_{cr} =	0.08 ton/orang
	0.16 (2 orang)

Backhoe Module

W (ton)	20
LCG (m)	6.25
VCG (m)	3
momen LCG	125
Momen VCG	60

Kapal

LCG_{kap} =	-0.4765 m	dari midship	7.648499556 m	dari AP
VCG_{kap} =	1.87407 m	dari baseline		
Berat =	162.8885 ton			

Shafting

$$\begin{aligned}
 l &= \text{shaft length} \\
 l &= 2 \text{ m} \\
 n &= \text{propeller speed} \\
 n &= 120 \text{ rpm} \\
 M/l &= 0.081 (P_D/n)^{2/3} \\
 M/l &= 0.130135 \text{ ton/m} \\
 W_{\text{shaft}} &= (M/l) \times l \\
 W_{\text{shaft}} &= 0.260269 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

assumption

assumption

Ship Design for Efficiency and Economy 2nd Ed.
pg. 175

Propeller

Propeller dimensions:

$$\begin{aligned}
 D &= (0.6T + 0.63T)/2 \\
 D &= 1.111991 \text{ m} \\
 V &= 0.01 \pi D^3 \\
 V &= 0.01375 \text{ m}^3 \\
 P/D &= 0.5 - 1.4 \\
 P/D &= 1 \\
 z &= 4 \text{ blade} \\
 A_e/A_o &= 0.7
 \end{aligned}$$

assumption

Practical Ship Design, pg. 79

by D. G. M. Watson

K_T, K_Q, and Efficiency Curves for the Wageningen B-Series Propellers, by M. M. Bernitsan, D. Ray, and D. Winter

assumption

Propeller weight

$$\begin{aligned}
 K &= 0.18 (A_e/A_o) \cdot (z - 2)/100 \\
 K &= 0.106 \\
 W_{\text{prop}} &= D^3 \times K \times V \\
 W_{\text{prop}} &= 0.002004 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

*ship
Design*

Ship Design for Efficiency and Economy 2nd Ed.
pg. 175

Propulsion weight

$$\begin{aligned}
 W_{\text{prop}} &= 0.262273 \text{ ton} \\
 VCG &= 0.6 \text{ m} \\
 LCG &= -7.5 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Berat Navigasi

$$\begin{aligned}
 \text{assumsi} &= 0.15 \text{ ton} \\
 VCG &= \text{m} \\
 LCG &= \text{m}
 \end{aligned}$$

5 Freeboard Calculation

Ship dimensions:

$L_{PP} =$	16.25 m
$L_{WL} =$	16.62 m
$B =$	9.01 m
$H =$	1.80 m
$T =$	1.78 m
$V_s =$	7.00 knot
$V_k =$	3.60 m/s

Ship coefficients

$C_n =$	0.612
$C_M =$	1
$C_P =$	0.612
$C_{WH} =$	0.541

$$K = 0.8 L, \text{ for barges } L < 50 \text{ m}$$

$$F = (0.65 + C_b) 10 K / 1.36$$

$$F = 126.3158 \text{ mm}$$

Rules for The Towing Survey of Barges and Tugboats

Table 4 K value

Type of barges		K
$L < 50 \text{ m}$	Cargo barges	$0.8 L$
	Oil barges	$0.5 L$
$L \geq 50 \text{ m}$	Cargo barges	$\left(\frac{L}{10}\right)^3 - \left(\frac{L}{10}\right) + 10$
	Oil barges	$0.5 \left(\frac{L}{10}\right)^2 + \left(\frac{L}{10}\right)$
(Note) L = Length of barges (m)		

5 Building Cost

No	Item	Harga	Satuan
1	Pelat Kapal Keseluruhan (Hull & construction)		
	Sumber: Alibaba.com https://indonesian.alibaba.com/product-detail/ah36-steel-plate-for-shipbuilding-60239600140.html?spm=...		
	Harga	\$800	USD/ton
	Berat pelat keseluruhan	162,89	ton
	Harga pelat keseluruhan	\$130,311	USD
		Rp1.770.011.535,16	Rupiah
2	Excavator Komatsu PC 200-7		
	Sumber: Alibaba.com https://indonesian.alibaba.com/p-detail/New-Excavator-Komatsu-PC200-Price-Japan-50029096058.html?spm=a276.8168334.1998817009.24.DullwO		
	Harga	\$20.000	USD/unit
	Jumlah Unit	1	unit
	Harga Unit	\$20.000	USD
		Rp271.680.000,00	Rupiah
3	Square Piles (Untuk Spuds) 400 x 400 mm		
	Sumber: Indotrading, http://m.indotrading.com/product/square-piles-p284973		
	Harga Square Piles	514800	Rp/meter
	Panjang Square Piles	6	meter
	Jumlah Unit	2	unit
	Harga Unit	Rp6,177,600	Rupiah
4	Main Engine Yanmar 6HYM-WET H-Rating 500 HP		
	Sumber: Yanmar, http://yanmarmarine.eu		
	Harga	50000	USD/unit
	Jumlah Unit	1	unit
	Harga Unit	50000	USD/unit
		Rp679.150.000	Rupiah
5	Generator Set		
	Sumber: Indoteknik, http://indoteknik.co.id/v1/p/ef-2000-fu-generator-set-berisi/		
	Harga	Rp7.350.000	Rupiah/unit
	Jumlah Unit	1	unit
	Harga Unit	Rp7.350.000	Rupiah
6	Elektroda		
	(diasumsikan 6% dari berat pelat BTP)		
	Sumber: Nekko Steel - Anaka Maju.com		
	Harga	500,00	USD/ton
	Berat pelat kapal total	9,773	ton
	Harga Elektroda	\$4,887	USD
		Rp66,375,433	Rupiah

Harga kurs Rupiah per 2017
Total

Rp13,583
Rp2.800.724.567,72

Trim 25% Full Load Condition

No.	Complement	Value
1	Draft Amidships m	0.824
2	Displacement t	92.08
3	Heel deg	0.0
4	Draft at FP m	0.799
5	Draft at AP m	0.830
6	Draft at LCF m	0.826
7	Trim (+ve by stern) m	0.031
8	WL Length m	14.376
9	Beam max extents on WL m	9.010
10	Wetted Area m ²	202.862
11	Waterpl. Area m ²	77.030
12	Prismatic coeff. (Cp)	0.794
13	Block coeff. (Cb)	0.794
14	Max Sect. area coeff. (Cm)	1.000
15	Waterpl. area coeff. (Cwp)	0.373
16	LCB from zero pt. (+ve fwd) m	-0.190
17	LCF from zero pt. (+ve fwd) m	-0.422
18	KB m	0.383
19	KG fluid m	1.868
20	BMt m	7.372
21	BNL m	20.937
22	GMt corrected m	3.886
23	GML m	19.472
24	KMt m	7.734
25	KML m	21.340
26	Immersion (TPC) tonne/cm	0.790
27	MTc tonne.m	1.079
28	RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m	9.460
29	Max deck inclination deg	0.1732
30	Trim angle (+ve by stern) deg	0.1732

Trim < 0.1% L_{wl}

0.083102 m

Pass

Trim 50% Full Load Condition

No.	Complement	Value
1	Draft Amidships m	1.125
2	Displacement t	113.6
3	Heel deg	0.0
4	Draft at FP m	1.103
5	Draft at AP m	1.147
6	Draft at LCF m	1.127
7	Trim (+ve by stern) m	0.045
8	WL Length m	15.426
9	Beam max extents on WL m	9.010
10	Wetted Area m ²	222.781
11	Waterpl. Area m ²	73.989
12	Prismatic coeff. (Cp)	0.710
13	Block coeff. (Cb)	0.710
14	Max Sect. area coeff. (Cm)	1.000
15	Waterpl. area coeff. (Cwp)	0.547
16	LCB from zero pt. (+ve fwd) m	-0.348
17	LCF from zero pt. (+ve fwd) m	-0.598
18	KB m	0.503
19	KG fluid m	1.819
20	BNt m	5.396
21	BNL m	18.250
22	GMt corrected m	4.286
23	GML m	18.940
24	KMt m	6.100
25	KML m	18.733
26	Immersion (TPC) tonne/cm	0.779
27	MTc tonne.m	1.178
28	RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m	8.648
29	Max deck inclination deg	0.1336
30	Trim angle (+ve by stern) deg	0.1336

Trim < 0.3% L_{wl}

0.083102 m

Pass

Trim 75% Full Load Condition

No.	Compliment	Value
1	Draft Amidships m	1.420
2	Displacement t	139.1
3	Heel deg	0.0
4	Draft at FP m	1.401
5	Draft at AP m	1.439
6	Draft at LCF m	1.422
7	Trim (+ve by stern) m	0.038
8	WL Length m	15.966
9	Beam max extents on WL m	9.010
10	Wetted Area m ²	240.539
11	Waterpl. Area m ²	79.690
12	Prismatic coeff. (Cp)	0.638
13	Block coeff. (Cb)	0.638
14	Max Sect. area coeff. (Cm)	1.000
15	Waterpl. area coeff. (Cwp)	0.534
16	LCB from zero pt. (+ve fwd) m	-0.312
17	LCF from zero pt. (+ve fwd) m	-0.732
18	KB m	0.634
19	KG fluid m	1.777
20	BMT m	4.796
21	BML m	16.725
22	GMt corrected m	3.652
23	GMl m	15.581
24	KMt m	5.429
25	KML m	17.359
26	Immersion (TPC) tonne/cm	0.817
27	MTc tonne.m	1.304
28	RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m	8.863
29	Max deck inclination deg	0.1298
30	Trim angle (+ve by stern) deg	0.1298

Trim = 0.3% L_{wl}

0.083102 m

Pass

Trim Full Load Condition

No.	Complement	Value
1	Draft Amidships m	1.703
2	Displacement t	162.6
3	Heel deg	0.0
4	Draft at FP m	1.690
5	Draft at AP m	1.714
6	Draft at LCF m	1.703
7	Trim (+ve by stern) m	0.024
8	WL Length m	16.481
9	Beam max extents on WL m	9.010
10	Wetted Area m ²	257.834
11	Waterpl. Area m ²	83.217
12	Prismatic coeff. (Cp)	0.624
13	Block coeff. (Cb)	0.624
14	Max Sect. area coeff. (Cm)	1.000
15	Waterpl. area coeff. (Cwp)	0.360
16	LCB from zero pt. (+ve fwd) m	-0.369
17	LCF from zero pt. (+ve fwd) m	-0.532
18	KB m	0.768
19	KG fluid m	1.752
20	BMt m	4.220
21	BNL m	15.639
22	GMt corrected m	3.236
23	GML m	14.675
24	KMt m	4.988
25	KML m	16.427
26	Immersion (TPc) tonne/cm	0.873
27	MTc tonne.m	1.436
28	RAI at 1deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m	9.183
29	Max deck inclination deg	0.0840
30	Trim angle (+ve by stern) deg	0.0840

Trim < 0.1% L_{WL}

0.083102 m

Pass

Trim Lightweight Condition
(Backhoe and Spud)

No.	Complement	Value
1	Draft Amidships m	0.554
2	Displacement t	68.30
3	Heel deg	0.0
4	Draft at FP m	0.529
5	Draft at AP m	0.578
6	Draft at LCF m	0.554
7	Trim (+ve by stern) m	0.048
8	WL Length m	14.380
9	Beam max extent on WL m	9.010
10	Wetted Area m ²	139.479
11	Waterpl. Area m ²	124.200
12	Prismatic coeff. (Cp)	0.899
13	Block coeff. (Cb)	0.899
14	Max Sect. area coeff. (Cm)	1.000
15	Waterpl. area coeff. (Cwp)	0.959
16	LCB from zero pt. (+ve fwd) m	-0.154
17	LCF from zero pt. (+ve fwd) m	-0.173
18	KB m	0.280
19	KG fluid m	2.081
20	BMT m	12.099
21	BML m	29.895
22	GMT corrected m	10.297
23	GML m	28.094
24	KMT m	12.378
25	KML m	30.175
26	Immersion (TPC) tonne/cm	1.273
27	MTc tonne.m	1.155
28	RM at 1deg = GMT Disp.sin(1) tonne.m	12.274
29	Max deck inclination deg	0.1670
30	Trim angle (+ve by stern) deg	0.1670

Trim < 0.5% L_{WL}

0.083102 m

Pass

25% Full Load Condition

Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status
267(85) Ch2 - General Criteria	2.3: IMO roll back angle				
	L, Stability calculated	14,876	m		
	B, Stability calculated	9,010	m		
	d, Stability calculated	0,824	m		
	GMf, Stability calculated	5,886	m		
	VCG, Stability calculated	1,868	m		
	CB, Stability calculated	0,794			
	Ak, keel area, user spec.	10,800	m ²		
	Method for k factor				
	Evaluates to	23,6	deg		
	Intermediate values				
	B / d			10,928	
	100 Ak / L / B			8,058	
	C		IMO units	0,618	
	T		s	4,59	
	OG, Centre of gravity above WL		m	1,043	
	X1		IMO units	0,8	
	X2		IMO units	1	
	k tabulated		IMO units	0,7	
	r		IMO units	1,489	
	s		IMO units	0,1	
2.2 Pontoon	2.2.4.2 Wind heeling arm				
	Wind arm: $a P A (h - H) / (g \text{ disp.}) \cos^n(\phi)$				
	constant: a =	0,99997			
	wind pressure: P =	504,0	Pa		
	area centroid height (from zero point): h =	0,000	m		
	total area: A =	0,000	m ²		
	H = mean draft / 2	0,412	m		
	cosine power: n =	0			
	gust ratio	1,5			

	Intermediate values Heel arm amplitude		m	0,000	
267(85) Ch2 - General Criteria	2.2.1: Area 0 to 30 from the greater of spec. heel angle to the lesser of spec. heel angle angle of vanishing stability shall not be less than (\geq)	0,0 30,0 79,2 0,0550	deg deg deg m.rad	0,0 30,0 0,6825	Pass
267(85) Ch2 - General Criteria	2.2.1: Area 0 to 40 from the greater of spec. heel angle to the lesser of spec. heel angle first downflooding angle angle of vanishing stability shall not be less than (\geq)	0,0 40,0 n/a 79,2 0,0900	deg deg deg deg m.rad	0,0 40,0 10,067	Pass
267(85) Ch2 - General Criteria	2.2.1: Area 30 to 40 from the greater of spec. heel angle to the lesser of spec. heel angle first downflooding angle angle of vanishing stability shall not be less than (\geq)	30,0 40,0 n/a 79,2 0,0300	deg deg deg deg m.rad	30,0 40,0 0,3242	Pass
267(85) Ch2 - General Criteria	2.2.2: Max GZ at 30 or greater in the range from the greater of spec. heel angle to the lesser of	30,0	deg	30,0	Pass

	spec. heel angle	90,0	deg	90,0	
	angle of max. GZ	28,2	deg		
	shall not be less than (\geq)	0,200	m	1,940	Pass
	Intermediate values				
	angle at which this GZ occurs		deg	30,0	
267(85) Ch2 - General Criteria	2.2.3: Angle of maximum GZ				Pass
	shall not be less than (\geq)	25,0	deg	28,2	Pass
267(85) Ch2 - General Criteria	2.2.4: Initial GMt				Pass
	spec. heel angle	0,0	deg		
	shall not be less than (\geq)	0,150	m	5,886	Pass
267(85) Ch2 - General Criteria	2.3: Severe wind and rolling				Pass
	Wind arm: $a P A (h - H) / (g \text{ disp.}) \cos^n(\phi)$				
	constant: $a =$	0,99966			
	wind pressure: $P =$	504,0	Pa		
	area centroid height (from zero point): $h =$	6,000	m		
	additional area: $A =$	50,000	m ²		
	$H =$ vert. centre of projected lat. u'water area	0,421	m		
	cosine power: $n =$	0			
	gust ratio	1,5			
	Area2 integrated to the lesser of	23,6 (-21,9)		-21,9	
	2.3: IMO roll back angle from equilibrium (with steady heel arm)		deg		
	Area 1 upper integration range, to the lesser of:	50,0		50,0	
	spec. heel angle	n/a	deg		
	first downflooding angle	73,8	deg		
	angle of vanishing stability (with gust heel arm)		deg		
	Angle for GZ(max) in GZ ratio, the lesser of:	28,2		28,2	
	angle of max. GZ		deg		
	Select required angle for angle of steady heel ratio:				
	Criteria:	16,0		1,6	Pass

	Angle of steady heel shall not be greater than (\leq)	80,00	deg	6,66	Pass
	Angle of steady heel / Deck edge immersion angle shall not be greater than (\leq)	100,00		200,71	
			%		Pass
	Area1 / Area2 shall not be less than (\geq)		%	31,987	Pass
	Intermediate values			1,830	
	Model windage area		m ²	81,987	
	Model windage area centroid height (from zero point)		m	4,373	
	Total windage area		m ²	0,181	
	Total windage area centroid height (from zero point)		m	2,4	
	Heel arm amplitude		m	24,2	
	Equilibrium angle with gust heel arm		deg	12,738	
	Deck edge immersion angle		deg	0,2252	
	Area1 (under GZ), from 2,3 to 50,0 deg.		m.rad	10,486	
	Area1 (under HA), from 2,3 to 50,0 deg.		m.rad	-0,4071	
	Area1, from 2,3 to 50,0 deg.		m.rad	0,1153	
	Area2 (under GZ), from -14,5 to 2,3 deg.		m.rad	0,5224	
	Area2 (under HA), from -14,5 to 2,3 deg.		m.rad		
	Area2, from -14,5 to 2,3 deg.		m.rad		
2.2 Pontoons	2.2.4.1 GZ area: to Max GZ	0,0		0,0	Pass
	from the greater of				
	angle of equilibrium	28,2	deg	28,2	
	to the lesser of	0,0800		0,6208	
	angle of max. GZ		deg		
	shall be greater than ($>$)		m.rad		Pass
2.2 Pontoons	2.2.4.2 Angle of equilibrium ratio				Pass
	2.2.4.2 Wind heeling arm	50,00		0,00	
	Ratio of equilibrium angle to				
	shall be less than ($<$)		%	0,0	Pass
	Intermediate values			24,2	
	Equilibrium angle		deg		

	<i>Deck edge immersion angle</i>		<i>deg</i>		
<i>2.2 Pontoons</i>		<i>20,0</i>		<i>79,2</i>	
	<i>2.2.4.3 Angle of vanishing stability <=100m in length shall be greater than (>)</i>		<i>deg</i>		<i>Pass</i>
		<i>15,0</i>		<i>79,2</i>	<i>Pass</i>
<i>2.2 Pontoons</i>	<i>2.2.4.3 Angle of vanishing stability >=150m in length shall be greater than (>)</i>		<i>deg</i>		<i>Pass</i>
		<i>15,0</i>		<i>79,2</i>	<i>Pass</i>

50% Full Load Condition

Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status
267(85) Ch2 - General Criteria	2.3: IMO roll back angle				
	L, Stability calculated	15,426	m		
	B, Stability calculated	9,010	m		
	d, Stability calculated	1,125	m		
	GMf, Stability calculated	4,286	m		
	VCG, Stability calculated	1,813	m		
	CB, Stability calculated	0,710			
	Ak, keel area, user spec.	10,800	m ²		
	Method for k factor				
	Evaluates to	20,2	deg		
	Intermediate values				
	B / d			8,008	
	100 Ak / L / B			7,77	
	C		IMO units	0,551	
	T		s	4,792	
	OG, Centre of gravity above WL		m	0,688	
	X1		IMO units	0,8	
	X2		IMO units	1	
	k tabulated		IMO units	0,7	
	r		IMO units	1,097	
	s		IMO units	0,1	
2.2 Pontoons	2.2.4.2 Wind heeling arm				
	Wind arm: $a P A (h - H) / (g \text{ disp.}) \cos^n(\phi)$				
	constant: a =	0,99997			
	wind pressure: P =	504,0	Pa		
	area centroid height (from zero point): h =	0,000	m		
	total area: A =	0,000	m ²		
	H = mean draft / 2	0,563	m		
	cosine power: n =	0			
	gust ratio	1,5			

	Intermediate values Heel arm amplitude		m	0,000	
267(85) Ch2 - General Criteria	2.2.1: Area 0 to 30 from the greater of spec. heel angle to the lesser of spec. heel angle angle of vanishing stability shall not be less than (\geq)	0,0 30,0 78,6 0,0550	deg deg deg m.rad	0,0 30,0 0,5702	Pass
267(85) Ch2 - General Criteria	2.2.1: Area 0 to 40 from the greater of spec. heel angle to the lesser of spec. heel angle first downflooding angle angle of vanishing stability shall not be less than (\geq)	0,0 40,0 n/a 78,6 0,0900	deg deg deg deg m.rad	0,0 40,0 0,8504	Pass
267(85) Ch2 - General Criteria	2.2.1: Area 30 to 40 from the greater of spec. heel angle to the lesser of spec. heel angle first downflooding angle angle of vanishing stability shall not be less than (\geq)	30,0 40,0 n/a 78,6 0,0300	deg deg deg deg m.rad	30,0 40,0 0,2802	Pass
267(85) Ch2 - General Criteria	2.2.2: Max GZ at 30 or greater in the range from the greater of spec. heel angle to the lesser of	30,0	deg	30,0	Pass

	spec. heel angle	90,0	deg	90,0	
	angle of max. GZ	27,3	deg		
	shall not be less than (\geq)	0,200	m	1,691	Pass
	Intermediate values				
	angle at which this GZ occurs		deg	30,0	
267(85) Ch2 - General Criteria	2.2.3: Angle of maximum GZ				Pass
	shall not be less than (\geq)	25,0	deg	27,3	Pass
267(85) Ch2 - General Criteria	2.2.4: Initial GMt				Pass
	spec. heel angle	0,0	deg		
	shall not be less than (\geq)	0,150	m	4,286	Pass
267(85) Ch2 - General Criteria	2.3: Severe wind and rolling				Pass
	Wind arm: $a P A (h - H) / (g \text{ disp.}) \cos^n(\phi)$				
	constant: $a =$	0,99966			
	wind pressure: $P =$	504,0	Pa		
	area centroid height (from zero point); $h =$	6,000	m		
	additional area: $A =$	50,000	m ²		
	$H =$ vert. centre of projected lat. u'water area	0,577	m		
	cosine power: $n =$	0			
	gust ratio	1,5			
	Area2 integrated to the lesser of	20,2 (-18,4)		-18,4	
	2.3: IMO roll back angle from equilibrium (with steady heel arm)		deg		
	Area 1 upper integration range, to the lesser of:	50,0		50,0	
	spec. heel angle	n/a	deg		
	first downflooding angle	73,9	deg		
	angle of vanishing stability (with gust heel arm)		deg		
	Angle for GZ(max) in GZ ratio, the lesser of:	27,3		27,3	
	angle of max. GZ		deg		
	Select required angle for angle of steady heel ratio:				
	Criteria:	16,0		1,8	Pass

	Angle of steady heel shall not be greater than (\leq)	80,00	deg	9,12	Pass
	Angle of steady heel / Deck edge immersion angle shall not be greater than (\leq)	100,00		296,00	
			%		Pass
	Area1 / Area2 shall not be less than (\geq)		%	27,435	Pass
	Intermediate values			1,972	
	Model windage area		m ²	77,435	
	Model windage area centroid height (from zero point)		m	4,573	
	Total windage area		m ²	0,138	
	Total windage area centroid height (from zero point)		m	2,7	
	Heel arm amplitude		m	19,9	
	Equilibrium angle with gust heel arm		deg	10,795	
	Deck edge immersion angle		deg	0,1702	
	Area1 (under GZ), from 2,3 to 50,0 deg.		m.rad	0,9093	
	Area1 (under HA), from 2,3 to 50,0 deg.		m.rad	-0,2311	
	Area1, from 2,3 to 50,0 deg.		m.rad	0,0760	
	Area2 (under GZ), from -14,5 to 2,3 deg.		m.rad	0,3072	
	Area2 (under HA), from -14,5 to 2,3 deg.		m.rad		
	Area2, from -14,5 to 2,3 deg.		m.rad		
2.2 Pontoons	2.2.4.1 GZ area: to Max GZ	0,0		0,0	Pass
	from the greater of				
	angle of equilibrium	27,3	deg	27,3	
	to the lesser of	0,0800		0,4892	
	angle of max. GZ		deg		
	shall be greater than ($>$)		m.rad		Pass
2.2 Pontoons	2.2.4.2 Angle of equilibrium ratio				Pass
	2.2.4.2 Wind heeling arm	50,00		0,00	
	Ratio of equilibrium angle to				
	shall be less than ($<$)		%	0,0	Pass
	Intermediate values			19,9	
	Equilibrium angle		deg		

2.2 Pontoons	Deck edge immersion angle	20,0	deg	78,6	Pass
	2.2.4.3 Angle of vanishing stability $\leq 100\text{m}$ in length shall be greater than ($>$)	15,0	deg	78,6	Pass
2.2 Pontoons	2.2.4.3 Angle of vanishing stability $\geq 150\text{m}$ in length shall be greater than ($>$)	15,0	deg	78,6	Pass

75% Full Load Condition

Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status
267(85) Ch2 - General Criteria	2.3: IMO roll back angle				
	L, Stability calculated	15,965	m		
	B, Stability calculated	9,010	m		
	d, Stability calculated	1,420	m		
	GMf, Stability calculated	3,652	m		
	VCG, Stability calculated	1,777	m		
	CB, Stability calculated	0,658			
	Ak, keel area, user spec.	10,800	m ²		
	Method for k factor				
	Evaluates to	17,7	deg		
	Intermediate values				
	B / d			6,345	
	100 Ak / L / B			7,508	
	C		IMO units	0,512	
	T		s	4,829	
	OG, Centre of gravity above WL		m	0,357	
	X1		IMO units	0,8	
	X2		IMO units	0,975	
	k tabulated		IMO units	0,7	
	r		IMO units	0,881	
	s		IMO units	0,1	
2.2 Pontoons	2.2.4.2 Wind heeling arm				
	Wind arm: $a P A (h - H) / (g \text{ disp.}) \cos^n(\phi)$				
	constant: a =	0,99997			
	wind pressure: P =	504,0	Pa		
	area centroid height (from zero point): h =	0,000	m		
	total area: A =	0,000	m ²		
	H = mean draft / 2	0,710	m		
	cosine power: n =	0			
	gust ratio	1,5			

	Intermediate values Heel arm amplitude		m	0,000	
267(85) Ch2 - General Criteria	2.2.1: Area 0 to 30 from the greater of spec. heel angle to the lesser of spec. heel angle angle of vanishing stability shall not be less than (\geq)	0,0 30,0 77,3 0,0550	deg deg deg m.rad	0,0 30,0 0,4760	Pass
267(85) Ch2 - General Criteria	2.2.1: Area 0 to 40 from the greater of spec. heel angle to the lesser of spec. heel angle first downflooding angle angle of vanishing stability shall not be less than (\geq)	0,0 40,0 n/a 77,3 0,0900	deg deg deg deg m.rad	0,0 40,0 0,7049	Pass
267(85) Ch2 - General Criteria	2.2.1: Area 30 to 40 from the greater of spec. heel angle to the lesser of spec. heel angle first downflooding angle angle of vanishing stability shall not be less than (\geq)	30,0 40,0 n/a 77,3 0,0300	deg deg deg deg m.rad	30,0 40,0 0,2289	Pass
267(85) Ch2 - General Criteria	2.2.2: Max GZ at 30 or greater in the range from the greater of spec. heel angle to the lesser of	30,0	deg	30,0	Pass

	spec. heel angle	90,0	deg	90,0	
	angle of max. GZ	25,5	deg		
	shall not be less than (\geq)	0,200	m	1,389	Pass
	Intermediate values				
	angle at which this GZ occurs		deg	30,0	
267(85) Ch2 - General Criteria	2.2.3: Angle of maximum GZ				Pass
	shall not be less than (\geq)	25,0	deg	25,5	Pass
267(85) Ch2 - General Criteria	2.2.4: Initial GMt				Pass
	spec. heel angle	0,0	deg		
	shall not be less than (\geq)	0,150	m	3,652	Pass
267(85) Ch2 - General Criteria	2.3: Severe wind and rolling				Pass
	Wind arm: $a P A (h - H) / (g \text{ disp.}) \cos^n(\phi)$				
	constant: $a =$	0,99966			
	wind pressure: $P =$	504,0	Pa		
	area centroid height (from zero point); $h =$	6,000	m		
	additional area; $A =$	50,000	m ²		
	$H =$ vert. centre of projected lat. u'water area	0,732	m		
	cosine power: $n =$	0			
	gust ratio	1,5			
	Area2 integrated to the lesser of	17,7 (-15,9)		-15,9	
	2.3: IMO roll back angle from equilibrium (with steady heel arm)		deg		
	Area 1 upper integration range, to the lesser of:	50,0		50,0	
	spec. heel angle	n/a	deg		
	first downflooding angle	72,9	deg		
	angle of vanishing stability (with gust heel arm)		deg		
	Angle for GZ(max) in GZ ratio, the lesser of:	25,5		25,5	
	angle of max. GZ		deg		
	Select required angle for angle of steady heel ratio:				
	Criteria:	16,0		1,8	Pass

	Angle of steady heel shall not be greater than (\leq)	80,00	deg	10,81	Pass
	Angle of steady heel / Deck edge immersion angle shall not be	100,00		391,83	
			%		Pass
	Area1 / Area2 shall not be less than (\geq)		%	22,814	Pass
	Intermediate values			2,113	
	Model windage area		m ²	72,814	
	Model windage area centroid height (from zero point)		m	4,782	
	Total windage area		m ²	0,109	
	Total windage area centroid height (from zero point)		m	2,7	
	Heel arm amplitude		m	16,7	
	Equilibrium angle with gust heel arm		deg	0,8911	
	Deck edge immersion angle		deg	0,1349	
	Area1 (under GZ), from 2,3 to 50,0 deg.		m.rad	0,7562	
	Area1 (under HA), from 2,3 to 50,0 deg.		m.rad	-0,1401	
	Area1, from 2,3 to 50,0 deg.		m.rad	0,0529	
	Area2 (under GZ), from -14,5 to 2,3 deg.		m.rad	0,1930	
	Area2 (under HA), from -14,5 to 2,3 deg.		m.rad		
	Area2, from -14,5 to 2,3 deg.		m.rad		
2.2 Pontoons	2.2.4.1 GZ area: to Max GZ	0,0		0,0	Pass
	from the greater of				
	angle of equilibrium	25,5	deg	25,5	
	to the lesser of	0,0800		0,3641	
	angle of max. GZ		deg		
	shall be greater than ($>$)		m.rad		Pass
2.2 Pontoons	2.2.4.2 Angle of equilibrium ratio				Pass
	2.2.4.2 Wind heeling arm	50,00		0,00	
	Ratio of equilibrium angle to				
	shall be less than ($<$)		%	0,0	Pass
	Intermediate values			16,7	
	Equilibrium angle		deg		

	<i>Deck edge immersion angle</i>		<i>deg</i>		
<i>2.2 Pontoons</i>		<i>20,0</i>		<i>77,3</i>	<i>Pass</i>
	<i>2.2.4.3 Angle of vanishing stability <=100m in length shall be greater than (>)</i>		<i>deg</i>		<i>Pass</i>
		<i>15,0</i>		<i>77,3</i>	
<i>2.2 Pontoons</i>	<i>2.2.4.3 Angle of vanishing stability >=150m in length shall be greater than (>)</i>		<i>deg</i>		<i>Pass</i>
		<i>15,0</i>		<i>77,3</i>	<i>Pass</i>

Full Load Condition

Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status
267(85) Ch2 - General Criteria	2.3: IMO roll back angle				
	L, Stability calculated	16,481	m		
	B, Stability calculated	9,010	m		
	d, Stability calculated	1,702	m		
	GMf, Stability calculated	3,236	m		
	VCG, Stability calculated	1,752	m		
	CB, Stability calculated	0,624			
	Ak, keel area, user spec.	10,800	m ²		
	Method for k factor				
	Evaluates to	16,0	deg		
	Intermediate values				
	B / d			5,294	
	100 Ak / L / B			7,273	
	C		IMO units	0,488	
	T		s	4,885	
	OG, Centre of gravity above WL		m	0,050	
	X1		IMO units	0,8	
	X2		IMO units	0,96	
	k tabulated		IMO units	0,7	
	r		IMO units	0,748	
	s		IMO units	0,1	
2.2 Pontoons	2.2.4.2 Wind heeling arm				
	Wind arm: $a P A (h - H) / (g \text{ disp.}) \cos^n(\phi)$				
	constant: a =	0,99997			
	wind pressure: P =	504,0	Pa		
	area centroid height (from zero point): h =	0,000	m		
	total area: A =	0,000	m ²		
	H = mean draft / 2	0,851	m		
	cosine power: n =	0			
	gust ratio	1,5			
	Intermediate values				

	Heel arm amplitude		m	0,000	
267(85) Ch2 - General Criteria	2.2.1: Area 0 to 30				Pass
	from the greater of				
	spec. heel angle	0,0	deg	0,0	
	to the lesser of				
	spec. heel angle	30,0	deg	30,0	
	angle of vanishing stability	75,0	deg		
	shall not be less than (\geq)	0,0550	m.rad	0,3771	Pass
267(85) Ch2 - General Criteria	2.2.1: Area 0 to 40				Pass
	from the greater of				
	spec. heel angle	0,0	deg	0,0	
	to the lesser of				
	spec. heel angle	40,0	deg	40,0	
	first downflooding angle	n/a	deg		
	angle of vanishing stability	75,0	deg		
	shall not be less than (\geq)	0,0900	m.rad	0,5520	Pass
267(85) Ch2 - General Criteria	2.2.1: Area 30 to 40				Pass
	from the greater of				
	spec. heel angle	30,0	deg	30,0	
	to the lesser of				
	spec. heel angle	40,0	deg	40,0	
	first downflooding angle	n/a	deg		
	angle of vanishing stability	75,0	deg		
	shall not be less than (\geq)	0,0300	m.rad	0,1749	Pass
267(85) Ch2 - General Criteria	2.2.2: Max GZ at 30 or greater				Pass
	in the range from the greater of				
	spec. heel angle	30,0	deg	30,0	
	to the lesser of				
	spec. heel angle	90,0	deg	90,0	
	angle of max. GZ	26,4	deg		

	shall not be less than (\geq) Intermediate values angle at which this GZ occurs	0,200	m	1,064	Pass
			deg	30,0	
267(85) Ch2 - General Criteria	2.2.3: Angle of maximum GZ shall not be less than (\geq)	25,0	deg	26,4	Pass
267(85) Ch2 - General Criteria	2.2.4: Initial GMt spec. heel angle	0,0	deg		Pass
	shall not be less than (\geq)	0,150	m	3,236	Pass
267(85) Ch2 - General Criteria	2.3: Severe wind and rolling Wind arm: $a P A (h - H) / (g \text{ disp.}) \cos^n(\phi)$ constant: $a =$ wind pressure: $P =$ area centroid height (from zero point): $h =$ additional area: $A =$ $H =$ vert. centre of projected lat. u'water area cosine power: $n =$ gust ratio Area2 integrated to the lesser of	0,99966 504,0 6,000 50,000 0,882 0 1,5	 Pa m m ² m 		Pass
	2.3: IMO roll back angle from equilibrium (with steady heel arm) Area 1 upper integration range, to the lesser of: spec. heel angle first downflooding angle angle of vanishing stability (with gust heel arm) Angle for GZ(max) in GZ ratio, the lesser of: angle of max. GZ Select required angle for angle of steady heel ratio: Criteria:	16,0 (-14,5) 50,0 n/a 70,5 26,4	deg deg deg deg deg	-14,5 50,0 26,4	
					Pass

	Angle of steady heel shall not be greater than (\leq)	16,0	deg	1,6	Pass
	Angle of steady heel / Deck edge immersion angle shall not be greater than (\leq)				
		80,00	%	11,63	Pass
	Area1 / Area2 shall not be less than (\geq)	100,00	%	417,83	Pass
	Intermediate values				
	Model windage area		m ²	18,242	
	Model windage area centroid height (from zero point)		m	2,251	
	Total windage area		m ²	68,242	
	Total windage area centroid height (from zero point)		m	4,998	
	Heel arm amplitude		m	0,089	
	Equilibrium angle with gust heel arm		deg	2,3	
	Deck edge immersion angle		deg	13,4	
	Area1 (under GZ), from 2,3 to 50,0 deg.		m.rad	0,6915	
	Area1 (under HA), from 2,3 to 50,0 deg.		m.rad	0,1108	
	Area1, from 2,3 to 50,0 deg.		m.rad	0,5808	
	Area2 (under GZ), from -14,5 to 2,3 deg.		m.rad	-0,1000	
	Area2 (under HA), from -14,5 to 2,3 deg.		m.rad	0,0390	
	Area2, from -14,5 to 2,3 deg.		m.rad	0,1390	
2.2 pontoons	2.2.4.1 GZ area: to Max GZ from the greater of angle of equilibrium to the lesser of angle of max. GZ shall be greater than ($>$)				Pass
		0,0	deg	0,0	
		26,4	deg	26,4	
		0,0800	m.rad	0,3088	Pass
2.2 pontoons	2.2.4.2 Angle of equilibrium ratio 2.2.4.2 Wind heeling arm Ratio of equilibrium angle to shall be less than ($<$)				Pass
	Intermediate values				
	Equilibrium angle	50,00	%	0,00	Pass
			deg	0,0	

	<i>Deck edge immersion angle</i>		<i>deg</i>	13,4	
<i>2.2 pontoons</i>	<i>2.2.4.3 Angle of vanishing stability <=100m in length shall be greater than (>)</i>	20,0	<i>deg</i>	75,0	<i>Pass</i> <i>Pass</i>
<i>2.2 pontoons</i>	<i>2.2.4.3 Angle of vanishing stability >=150m in length shall be greater than (>)</i>	15,0	<i>deg</i>	75,0	<i>Pass</i> <i>Pass</i>

Lightweight Condition (Backhoe dan Spud)

Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status
267(85) Ch2 - General Criteria	2.3: IMO roll back angle				
	L, Stability calculated	14,380	m		
	B, Stability calculated	9,010	m		
	d, Stability calculated	0,554	m		
	GMf, Stability calculated	10,297	m		
	VCG, Stability calculated	2,081	m		
	CB, Stability calculated	0,899			
	Ak, keel area, user spec.	10,800	m ²		
	Method for k factor				
	Evaluates to	29,8	deg		
	Intermediate values				
	B / d			16,276	
	100 Ak / L / B			8,336	
	C		IMO units	0,741	
	T		s	4,162	
	OG, Centre of gravity above WL		m	1,528	
	X1		IMO units	0,8	
	X2		IMO units	1	
	k tabulated		IMO units	0,7	
	r		IMO units	2,386	
	s		IMO units	0,1	
2.2 Pontoons	2.2.4.2 Wind heeling arm				
	Wind arm: $a P A (h - H) / (g \text{ disp.}) \cos^n(\phi)$				
	constant: a =	0,99997			
	wind pressure: P =	504,0	Pa		
	area centroid height (from zero point): h =	0,000	m		
	total area: A =	0,000	m ²		
	H = mean draft / 2	0,277	m		
	cosine power: n =	0			
	gust ratio	1,5			

	Intermediate values Heel arm amplitude		m	0,000	
267(85) Ch2 - General Criteria	2.2.1: Area 0 to 30 from the greater of spec. heel angle to the lesser of spec. heel angle angle of vanishing stability shall not be less than (\geq)	0,0 30,0 76,9 0,0550	deg deg deg m.rad	0,0 30,0 0,8108	Pass
267(85) Ch2 - General Criteria	2.2.1: Area 0 to 40 from the greater of spec. heel angle to the lesser of spec. heel angle first downflooding angle angle of vanishing stability shall not be less than (\geq)	0,0 40,0 n/a 76,9 0,0900	deg deg deg deg m.rad	0,0 40,0 11,479	Pass
267(85) Ch2 - General Criteria	2.2.1: Area 30 to 40 from the greater of spec. heel angle to the lesser of spec. heel angle first downflooding angle angle of vanishing stability shall not be less than (\geq)	30,0 40,0 n/a 76,9 0,0300	deg deg deg deg m.rad	30,0 40,0 0,3370	Pass
267(85) Ch2 - General Criteria	2.2.2: Max GZ at 30 or greater in the range from the greater of spec. heel angle to the lesser of	30,0	deg	30,0	Pass

	spec. heel angle	90,0	deg	90,0	
	angle of max. GZ	26,4	deg		
	shall not be less than (\geq)	0,200	m	2,009	Pass
	Intermediate values				
	angle at which this GZ occurs		deg	30,0	
267(85) Ch2 - General Criteria	2.2.3: Angle of maximum GZ				Pass
	shall not be less than (\geq)	25,0	deg	26,4	Pass
267(85) Ch2 - General Criteria	2.2.4: Initial GMt				Pass
	spec. heel angle	0,0	deg		
	shall not be less than (\geq)	0,150	m	10,297	Pass
267(85) Ch2 - General Criteria	2.3: Severe wind and rolling				Pass
	Wind arm: $a P A (h - H) / (g \text{ disp.}) \cos^n(\phi)$				
	constant: $a =$	0,99966			
	wind pressure: $P =$	504,0	Pa		
	area centroid height (from zero point); $h =$	6,000	m		
	additional area: $A =$	50,000	m ²		
	$H =$ vert. centre of projected lat. u'water area	0,281	m		
	cosine power: $n =$	0			
	gust ratio	1,5			
	Area2 integrated to the lesser of	29,8 (-28,4)		-28,4	
	2.3: IMO roll back angle from equilibrium (with steady heel arm)		deg		
	Area 1 upper integration range, to the lesser of:	50,0		50,0	
	spec. heel angle	n/a	deg		
	first downflooding angle	70,1	deg		
	angle of vanishing stability (with gust heel arm)		deg		
	Angle for GZ(max) in GZ ratio, the lesser of:	26,4		26,4	
	angle of max. GZ		deg		
	Select required angle for angle of steady heel ratio:				
	Criteria:	16,0		1,5	Pass

	Angle of steady heel shall not be greater than (\leq)	80,00	deg	4,73	Pass
	Angle of steady heel / Deck edge immersion angle shall not be	100,00		116,98	
			%		Pass
	Area1 / Area2 shall not be less than (\geq)		%	35,944	Pass
	Intermediate values			1,705	
	Model windage area		m ²	85,944	
	Model windage area centroid height (from zero point)		m	4,204	
	Total windage area		m ²	0,254	
	Total windage area centroid height (from zero point)		m	2,2	
	Heel arm amplitude		m	30,7	
	Equilibrium angle with gust heel arm		deg	14,265	
	Deck edge immersion angle		deg	0,3174	
	Area1 (under GZ), from 2,3 to 50,0 deg.		m.rad	11,091	
	Area1 (under HA), from 2,3 to 50,0 deg.		m.rad	-0,7453	
	Area1, from 2,3 to 50,0 deg.		m.rad	0,2028	
	Area2 (under GZ), from -14,5 to 2,3 deg.		m.rad	0,9481	
	Area2 (under HA), from -14,5 to 2,3 deg.		m.rad		
	Area2, from -14,5 to 2,3 deg.		m.rad		
2.2 pontoons	2.2.4.1 GZ area: to Max GZ	0,0		0,0	Pass
	from the greater of				
	angle of equilibrium	26,4	deg	26,4	
	to the lesser of	0,0800		0,6827	
	angle of max. GZ		deg		
	shall be greater than ($>$)		m.rad		Pass
2.2 pontoons	2.2.4.2 Angle of equilibrium ratio				Pass
	2.2.4.2 Wind heeling arm	50,00		0,00	
	Ratio of equilibrium angle to				
	shall be less than ($<$)		%	0,0	Pass
	Intermediate values			30,7	
	Equilibrium angle		deg		

	<i>Deck edge immersion angle</i>		<i>deg</i>		
2.2 Pontoon		20,0		76,8	
2.2.4.3 Angle of vanishing stability <=100m in length shall be greater than (>)			<i>deg</i>		<i>Pass</i>
		15,0		76,8	<i>Pass</i>
2.2 Pontoon					
2.2.4.3 Angle of vanishing stability >=150m in length shall be greater than (>)		15,0	<i>deg</i>	76,8	<i>Pass</i>

LAMPIRAN C
RENCANA GARIS

TABLE OF HEIGHT ABOVE BASELINE

STATION	W. 1/4	W. 1/2	W. 3/4	W. 1/2	W. 1/4	W. 1/4	W. 1/4
01	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
02	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
03	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
04	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
05	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
06	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
07	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
08	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
09	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
10	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
11	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
12	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
13	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
14	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
15	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
16	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
17	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
18	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
19	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
20	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
21	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
22	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
23	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
24	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
25	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
26	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
27	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
28	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
29	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
30	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

BODY PLAN



SHEER PLAN



HALF-BREADTH PLAN

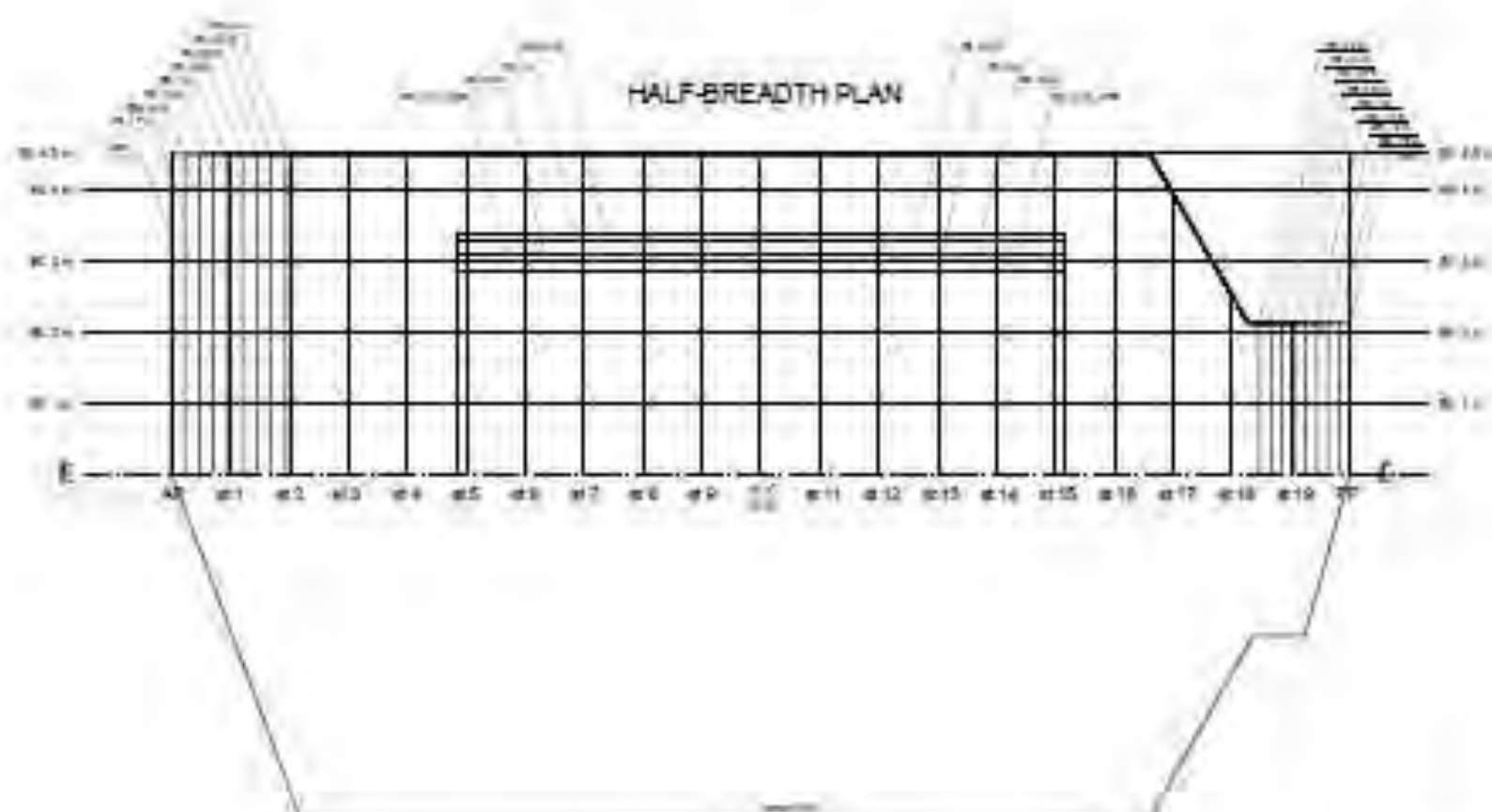


TABLE OF HALF-BREADTH

STATION	W. 1/4	W. 1/2	W. 3/4	W. 1/2	W. 1/4	W. 1/4	W. 1/4
01	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
02	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
03	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
04	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
05	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
06	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
07	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
08	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
09	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
10	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
11	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
12	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
13	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
14	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
15	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
16	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
17	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
18	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
19	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
20	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
21	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
22	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
23	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
24	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
25	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
26	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
27	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
28	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
29	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
30	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

PRINCIPAL DIMENSIONS

SHIP TYPE	BACKHOE DREDGER
LENGTH OF WATERLINE (LWL)	10.00 m
LENGTH BETWEEN PERPENDICULARS (LBP)	10.00 m
BREADTH (B)	6.00 m
HEIGHT (H)	2.00 m
DRAFT (T)	1.75 m
SERVICE SPEED (V)	12.00 knots
COMPLEMENT	3 Persons
MAIN ENGINE POWER	500 HP



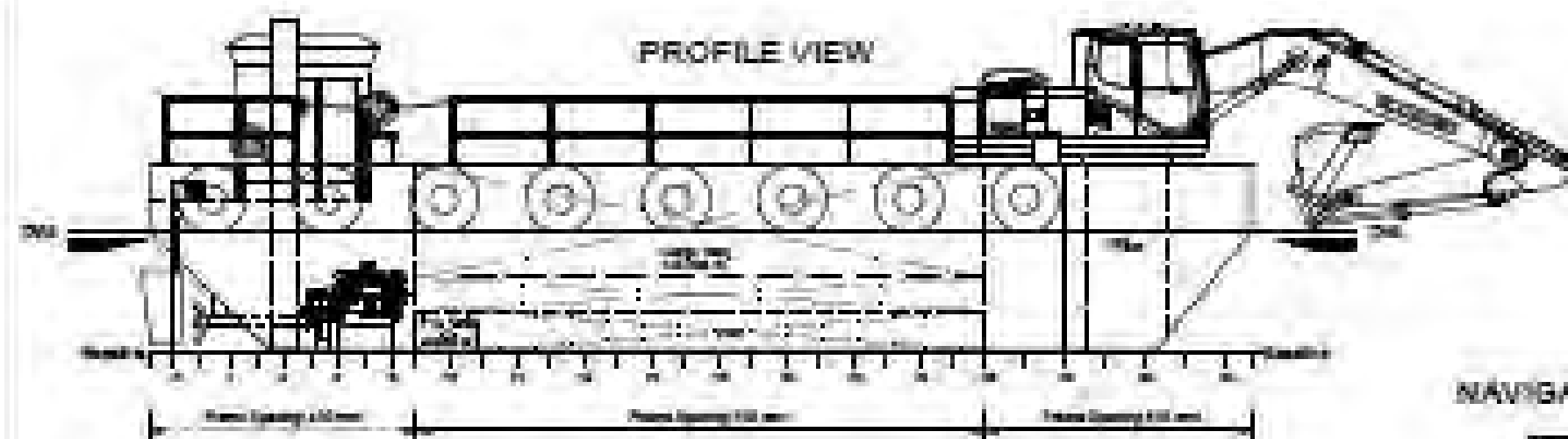
DEPARTMENT OF NAVAL ARCHITECTURE
FACULTY OF MARINE TECHNOLOGY
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

MV ARPEN 1

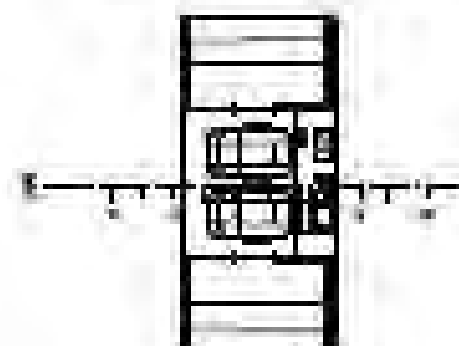
LINES PLAN

SCALE	1:50	DATE	10/10/2023
DESIGN	Fig. 1.1.1	BY	ST. 10/2023
APPROVED	1. 10/10/2023	BY	1.1

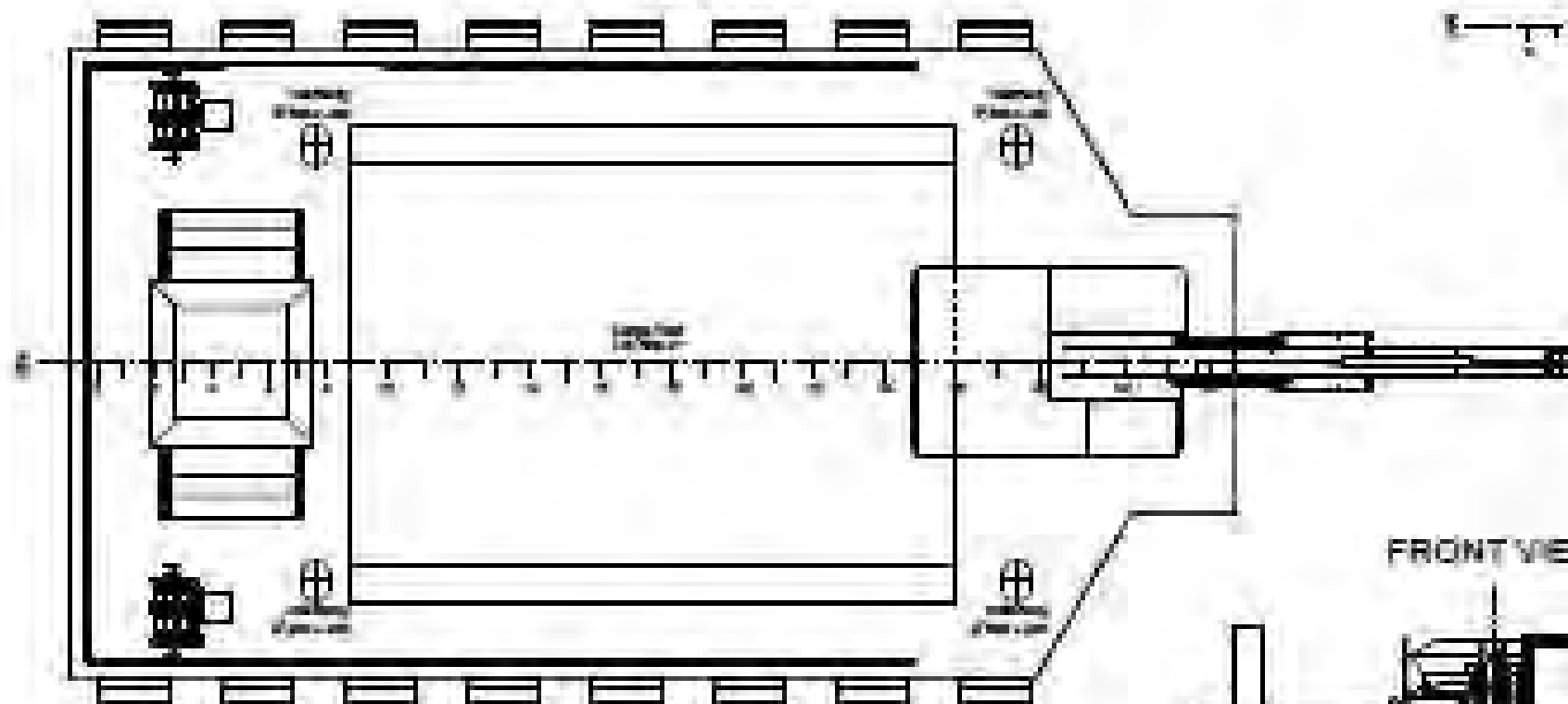
LAMPIRAN D
GENERAL ARRANGEMENT



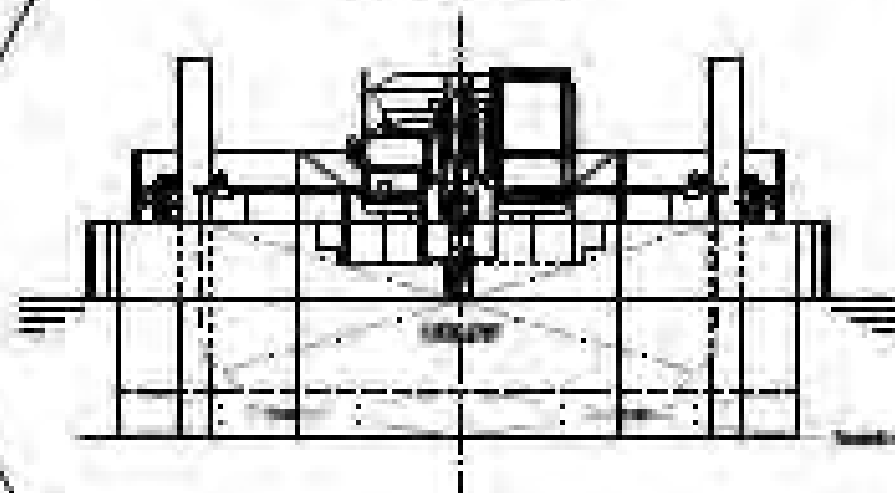
NAVIGATION ROOM



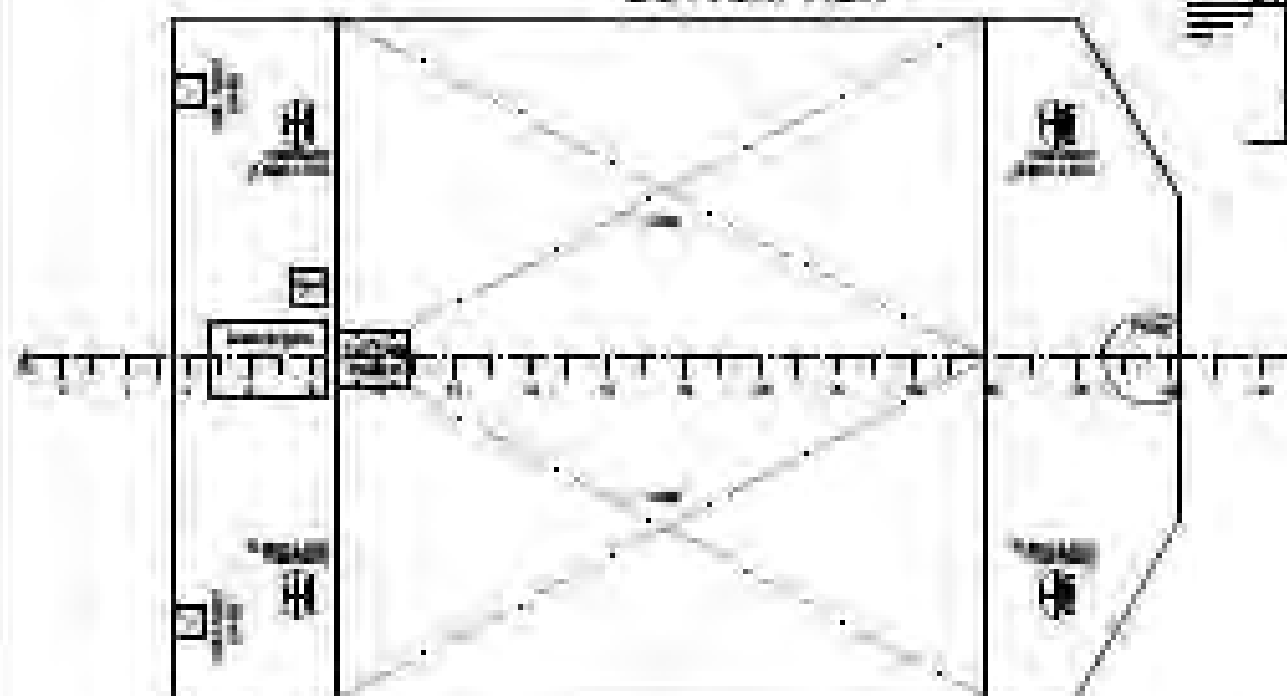
MAIN DECK



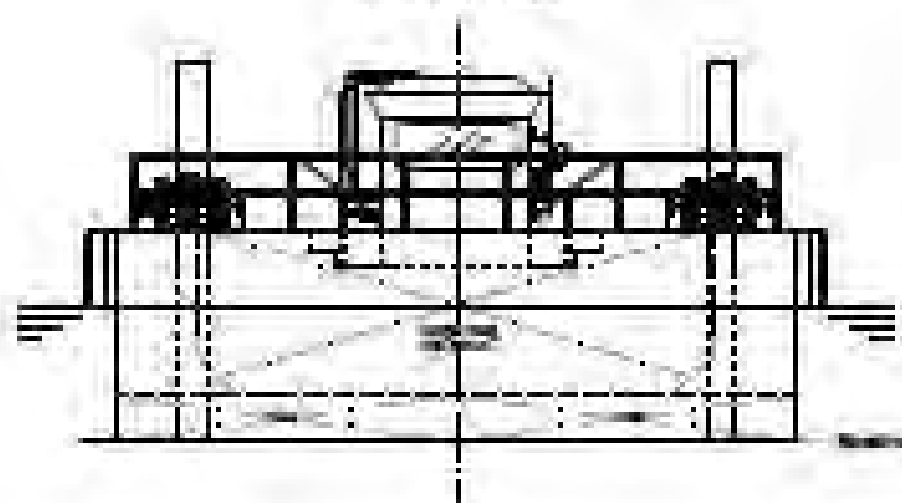
FRONT VIEW



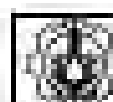
BOTTOM VIEW



STERN VIEW



PRINCIPAL DIMENSIONS	
SHIP TYPE	NAVIGATOR
LENGTH OF WATERLINE (m)	10.00
LENGTH BETWEEN PERPENDICULARS (m)	10.00
BREADTH (m)	3.00
HEIGHT (m)	3.00
DRAFT (m)	1.75
DISPLACEMENT (ton)	10.00
COMPLEMENT	10.00
NAME (owner's name)	10.00



DEPARTMENT OF NAVAL ARCHITECTURE
FACULTY OF MARINE TECHNOLOGY
WEST TOKYO UNIVERSITY OF MARINE TECHNOLOGY

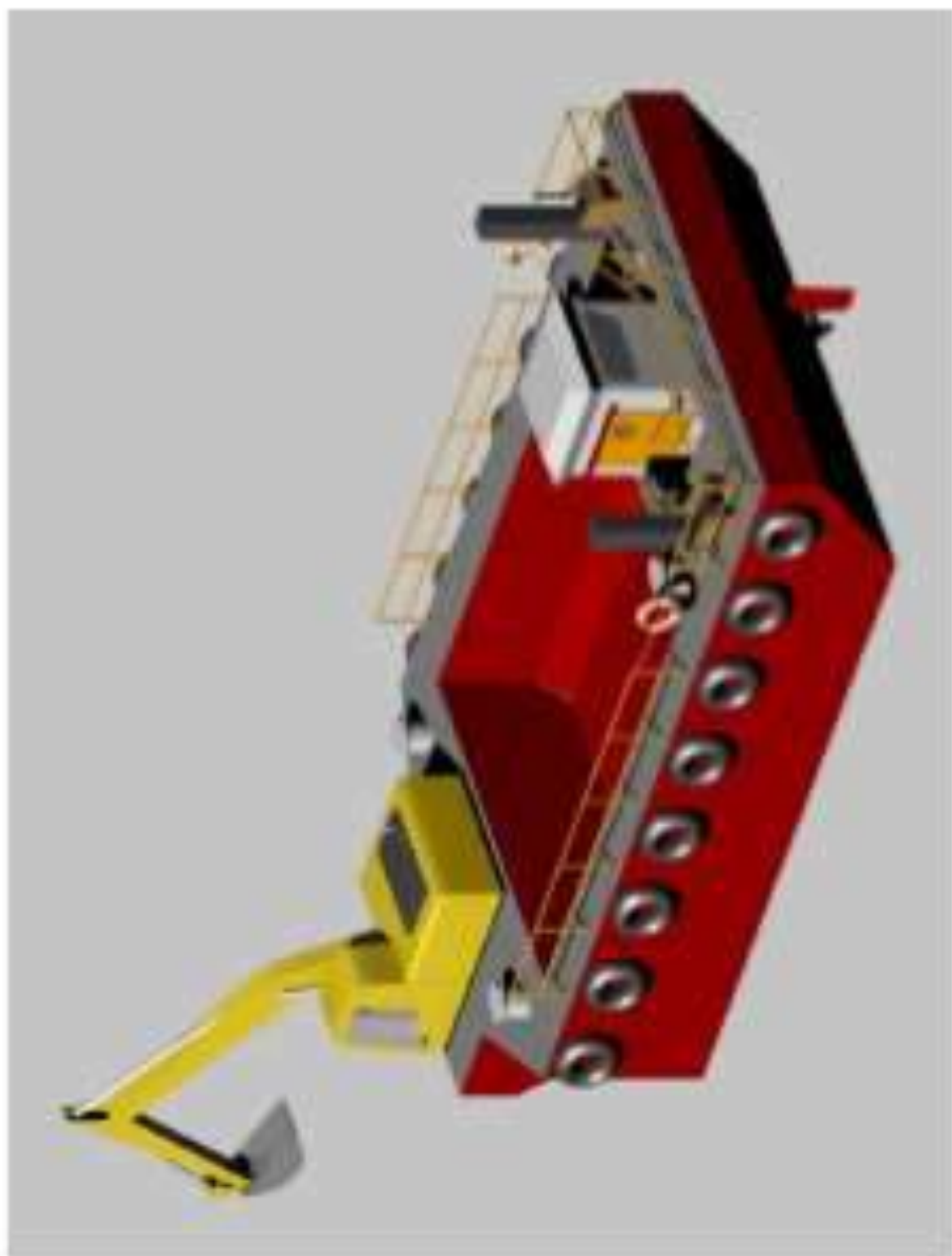
MV ARPEN 1

GENERAL ARRANGEMENT

NAME	1.00	DATE	1.00	REVISION
DESIGN	1.00	DATE	1.00	REVISION
CONSTRUCTION	1.00	DATE	1.00	REVISION

LAMPIRAN E
MODEL 3 DIMENSI





BIODATA PENULIS



Fajar Andinuari, itulah nama lengkap penulis. Dilahirkan di Surabaya pada 30 Januari 1997 silam, Penulis merupakan anak keempat dalam keluarga. Penulis menempuh pendidikan formal tingkat dasar pada TK Liya 1 Surabaya, kemudian melanjutkan ke SDN Ketabang V Surabaya, SMPN 6 Surabaya dan SMAN 9 Surabaya. Setelah lulus SMA, Penulis diterima di Departemen Teknik Perkapalan FTK ITS pada tahun 2014 melalui jalur SBMPTN tulis.

Di Departemen Teknik Perkapalan Penulis mengambil Bidang Studi Rekayasa Perkapalan – Desain Kapal. Selama masa studi di ITS, selain kuliah Penulis juga pernah menjadi *staff* Biro Hydromodelling HIMATEKPAL 2015/2016, lalu Ketua Divisi SDM BSO Hydromodelling HIMATEKPAL 2016/2017. Selain itu, Penulis pernah menjadi bergabung dengan Kepanitiaan SAMPAN 10 dan menjadi Ketua Tim Batharasurya 3 ITS.

Email: fjar.nuar@gmail.com